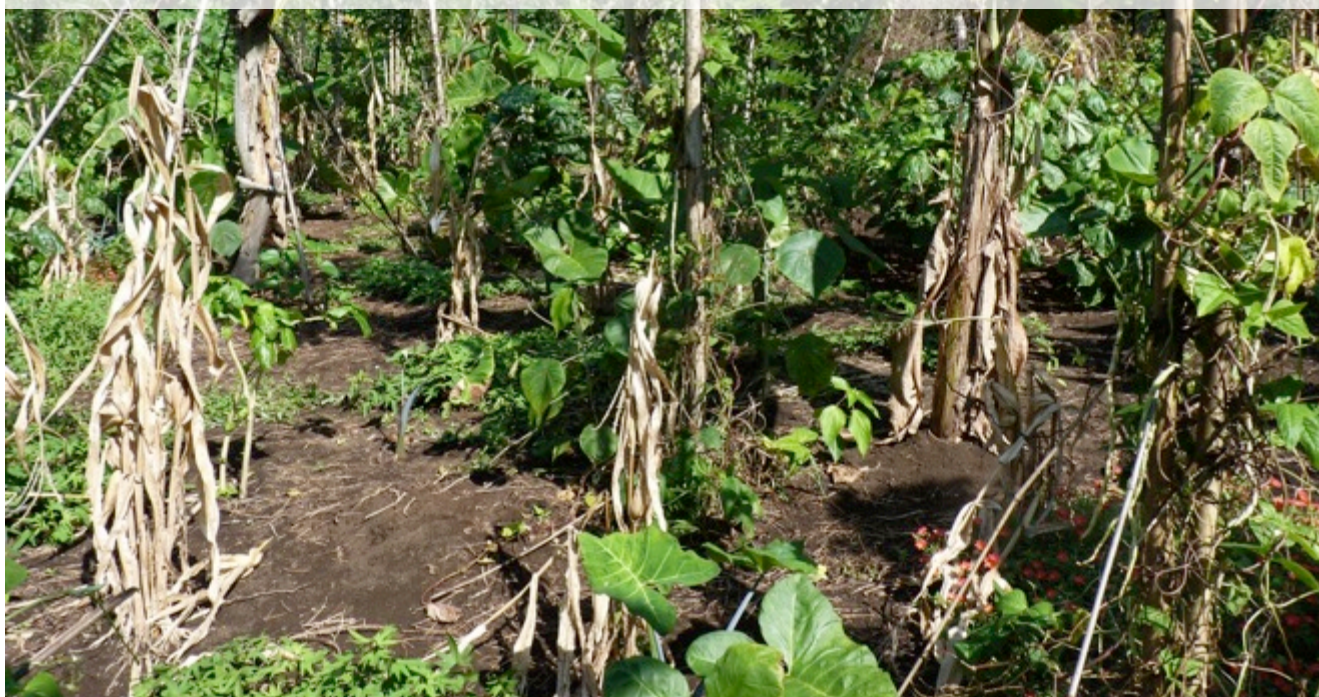


Mise au point d'un indice pour l'analyse spatio-temporelle de l'agrobiodiversité

Cas de l'agriculture itinérante sur brûlis au Vanuatu



Julien BLANCO
FIF 18

Pour le Diplôme d'ingénieur AgroParisTech – ENGREF
Spécialité FORÊT
Grade de Master

Soutenu à Montpellier le Mardi 11, octobre 2011

Membres du Jury

Pierre-Marie AUBERT
Stéphanie CARRIERE
Meriem FOURNIER
Raphaël MANLAY
Grégoire VINCENT

Enseignant-chercheur à AgroParisTech ENGREF Montpellier
Chercheur à IRD, UMR GRED Montpellier
ICGREF AgroParisTech HDR, UMR LERFOB Nancy
Enseignant-chercheur à AgroParisTech ENGREF Montpellier
Chercheur IRD, UMR AMAP Montpellier

Source des photographies : Julien BLANCO

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE DE LA FIF

Formation des ingénieurs forestiers d'AgroParisTech-ENGREF	TRAVAUX D'ÉLÈVES
TITRE : Mise au point d'un indice pour l'analyse spatio-temporelle de l'agrobiodiversité - Cas de l'agriculture itinérante sur brûlis au Vanuatu.	Mots clés : Agrobiodiversité, agriculture itinérante sur brûlis, indice de biodiversité, Vanuatu
AUTEUR(S) : Julien BLANCO	Promotion : 18 ^{ème}
Caractéristiques : 1 volume ; 78 pages ; 28 figures ; 9 tableaux ; 2 annexes ; 89 réf. bibliographiques	

CADRE DU TRAVAIL		
ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : IRD – UMR GRED 220, Gouvernance, Risque, Environnement, Développement Nom du responsable : Stéphanie CARRIERE Fonction : Chercheur		
Noms des tuteurs ENGREF : Pierre-Marie AUBERT et Raphaël MANLAY		
Tronc commun <input type="checkbox"/> Option <input type="checkbox"/> D. d'approfondissement <input type="checkbox"/>	Stage en entreprise <input type="checkbox"/> Stage à l'étranger <input type="checkbox"/> Stage fin d'études <input checked="" type="checkbox"/> Date de remise : 28/09/2011	Autre <input type="checkbox"/>
Contrat avec Gref Services Nancy <input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON		

SUITE À DONNER (réservé au service des études)
<input type="checkbox"/> Consultable et diffusable <input type="checkbox"/> Confidentiel de façon permanente <input type="checkbox"/> Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable

Résumé en français

L'agriculture itinérante sur brûlis reste le mode d'occupation des terres dominant en zone intertropicale. Grâce à son importante agrobiodiversité, cette agriculture garantit la subsistance des populations rurales dans les pays du Sud. Pourtant, elle reste peu étudiée dans certaines zones géographiques, et notamment au Vanuatu, archipel de la région Pacifique Sud. Ce travail propose d'étudier les systèmes agricoles itinérants à travers le prisme de leur agrobiodiversité. Pour cela, nous avons réalisé des inventaires dans 297 parcelles d'abattis-brûlis au sein de six villages et six îles au Vanuatu. Nos résultats font ressortir un haut niveau de diversité au niveau spécifique et variétal, à l'échelle des villages et des parcelles. A la diversité intra-parcelle s'ajoute une diversité inter-parcelles dont il a été possible de dresser une typologie en mettant en évidence sept types de parcelles. Chaque type possède ses spécificités structurales et fonctionnelles et sont la résultante d'une spécialisation des agriculteurs. Deux types de parcelles, celles de taro et d'igname sont entretenues pendant deux à cinq ans au cours d'un cycle cultural. Nous avons mis en évidence une décroissance de l'agrobiodiversité au cours de ce cycle, en particulier dans les parcelles d'igname. Enfin, les indices de biodiversité classiquement utilisés en écologie se sont avérés inadaptés aux parcelles d'abattis-brûlis du Vanuatu qui présentent une importante diversité variétale. Ainsi, nous avons proposé un nouvel indice d'agrobiodiversité permettant de prendre en compte la diversité au niveau variétal. Cet indice pourrait constituer un outil méthodologique pertinent et efficace pour l'étude des systèmes d'agriculture itinérante de la zone tropicale humide.

Mots-clés : Agrobiodiversité, agriculture itinérante sur brûlis, indice de biodiversité, indice d'agrobiodiversité, Vanuatu.

Abstract

Shifting cultivation is the dominant land-use system of the inter-tropical zone. Rural people of developing countries use the high agrobiodiversity of this system for their subsistence. However, shifting cultivation remains largely unstudied in some geographical areas and particularly in Vanuatu, an archipelago located in the South-Pacific. This report examines shifting cultivation in Vanuatu in relation to agrobiodiversity. There were a total of 297 swidden parcels surveyed across six villages and six islands in Vanuatu. The results showed a high species and variety richness in both villages and swiddens. An inter-swidden diversity is highlighted and a typology of seven types of swiddens is proposed. Each type has specific structural and functional features that are the result of the farmer specialization. In two of the types of swidden farmers practiced cultural succession and there was found to be a decrease of agrobiodiversity during this cultural cycle, especially for taro and yam swiddens. Finally it was found that classical biodiversity indices are not adapted to swidden agrobiodiversity in Vanuatu and thus a new index of agrobiodiversity that is sensitive to varietal richness is proposed. This new index could be used as a tool for further studies of shifting cultivation in the inter-tropical zone.

Key words: Agrobiodiversity, shifting cultivation, biodiversity index, agrobiodiversity index, Vanuatu.

Remerciements

Je souhaite tout d'abord exprimer mon soutien profond et sincère à toute la famille de Gilbert Roy dans l'épreuve qu'elle traverse. Gilbert, tu as été mon premier guide de terrain et mon premier professeur de bichelamar, je te remercie pour ta générosité, ta joie de vivre, ton amabilité et pour l'aide indispensable que tu m'as apportée à Avunaleleo. Ce rapport t'est dédié.

L'aboutissement de ce travail est le fruit de l'aide et de la collaboration de nombreuses personnes auxquelles je tiens à exprimer mes sincères remerciements. Ce rapport serait tout d'abord peu de choses sans les conseils, les (trop nombreuses) relectures et le soutien de Stéphanie CARRIERE, mon encadrante, dont je n'oublierai pas les commentaires espiègles laissés ci et là, sur une fiche de terrain ou entre deux corrections. Ce fut un plaisir de travailler ensemble et espère pouvoir renouveler cette expérience.

Je tiens ensuite à remercier l'ENGREF en les noms de Pierre-Marie AUBERT et Raphaël MANLAY, ainsi que toute l'équipe pédagogique de la formation GEEFT qui m'ont transmis les clés et connaissances pour mener à terme ce travail.

Pour leur accueil, encadrement et soutien au Vanuatu, je remercie particulièrement Vincent LEBOT, Roger MALAPA et Laurence RAMON. Tous trois ont contribué au bon déroulement de mon terrain en m'aidant à résoudre les problèmes logistiques et questionnement théoriques, dans une ambiance au demeurant très agréable. Je remercie également Laurence PASCAL pour son accompagnement à Lolossori, sa participation active aux inventaires, aux récoltés de terre et surtout pour sa bonne humeur tout au long de son séjour. De nombreuses personnes au Vanuatu m'ont apportées leur aide, de près ou de loin. Je pense notamment au personnel du CTRAV dans son ensemble pour son accueil chaleureux et plus particulièrement à Edilbert TELUKLUK et George BULEURU qui ont été d'un appui technique apprécié. Je tiens également à exprimer ma gratitude à Sam SHANEL, botaniste au Service Forestier du Vanuatu, pour ses identifications botaniques à partir de mes photographies numériques. Sa compétence et sa collaboration m'ont soulagées de la logistique qu'il aurait fallu prévoir pour la collecte d'échantillons et un travail d'identification conséquent. Enfin, une dédicace un peu spéciale à Henri VANDENBROUCKE pour les galères que nous avons vécues, entre pluie et kava, et avec qui j'ai eu plaisir à travailler.

Aucune ligne de ce rapport n'aurait pu être écrite sans la participation active des agriculteurs aux inventaires. Je tenais à remercier tous ces hommes et femmes, d'Avunalelo, Pessena, Tansip, Brenwe, Lamlu et Lolossori, pour leur accueil, leur temps, pour ce qu'ils m'ont fait découvrir et ce que nous partagés.

Enfin, je finirai ces lignes par les personnes qui m'ont offertes un soutien administratif ou logistique en France, m'aidant à la préparation de mon départ et de mon arrivée. Je remercie donc Nathalie FINOT et Brigitte HUYART pour leur aide dans les procédures administratives de l'IRD et leur suivi tout au long de mon stage, ainsi que Sophie PADIE et ses colocataires pour l'accueil chaleureux et le toit qu'ils m'ont proposés pendant peu être un peu trop longtemps sur Montpellier pour ma fin de rédaction.

Chaque personne ici citée, et bien d'autres que je m'excuse d'oublier, ont contribué à ce travail, qui sera en retour je l'espère, apprécié de tous.

Table des matières

Avant propos	5
Introduction générale	6
PARTIE I. Introduction.....	7
1. Agrobiodiversité : définition et enjeux	7
1.1. Comment la définir ?.....	7
1.2. Quels enjeux ?.....	8
1.2.1. Agrobiodiversité et agriculture durable	8
1.2.2. Comment conserver l'agrobiodiversité ?	9
1.2.3. Quelle(s) volonté(s) locale(s) ?	9
1.3. Agrobiodiversité et systèmes de culture de Zone Tropicale Humide (ZTH)	10
1.3.1. Terminologie	10
1.3.2. Des systèmes riches en agrobiodiversité ?.....	10
1.3.3. Quelles dynamiques ?	11
2. Comment estimer l'agrobiodiversité ?	12
2.1. Terminologie	12
2.2. Quels indices de biodiversité ?.....	13
2.2.1. La biodiversité : quelles échelles ?	13
2.2.2. Des indices et des représentations de la biodiversité	13
2.2.3. Propriétés et limites des indices de biodiversité.....	15
2.3. Indices de biodiversité et AGB	16
3. Problématique	16
3.1. Comprendre les dynamiques de la culture itinérante.....	16
3.1.1. Une agriculture marginalisée	16
3.1.2. Le projet « Végé-Culture »	17
3.1.3. Vers un indice d'agrobiodiversité.....	18
3.2. Objectifs	18
3.3. Hypothèses de travail.....	19
PARTIE II. Matériels et méthodes	20
1. Présentation du Vanuatu	21
1.1. Le milieu physique	21
1.1.1. Situation géographique	21
1.1.2. Climat	21
1.1.3. Géologie et relief	21
1.2. Conditions socio-économiques	22
1.2.1. Histoire récente.....	22
1.2.2. Démographie.....	22
1.2.3. Situation économique	22
1.3. L'agriculture itinérante au Vanuatu	23
2. Les sites d'études.....	23
2.1. Sélection des sites	23
2.2. Sélection des ménages.....	24
2.3. Sélection des parcelles	24
3. Protocole	24
3.1. Modèle d'agrobiodiversité.....	24
3.2. Données récoltées	25
3.2.1. Enquête auprès de l'agriculteur	25

3.2.2.	Surface des parcelles.....	25
3.2.3.	Inventaires.....	26
3.3.	Traitement des données	26
3.3.1.	Les indices classiques de biodiversité.....	26
3.3.2.	L'indice AGB.....	27
3.3.3.	Analyse des données.....	27
PARTIE III.	Résultats	28
1.	Variabilité des parcelles et de leur agrobiodiversité	28
1.1.	Composition des parcelles	28
1.1.1.	Echelle des villages.....	28
1.1.2.	Echelle des parcelles	29
1.2.	Structure et fonctionnalité des parcelles.....	30
1.2.1.	Structure des parcelles.....	30
1.2.2.	Gestion et fonctionnalité des parcelles.....	31
1.2.3.	Structure, fonction et variabilité	32
1.3.	Typologie des parcelles	33
1.3.1.	Caractéristiques structurales et fonctionnelles.....	33
1.3.2.	Types de parcelles et pratiques de gestion	34
2.	Variabilité temporelle de l'AGB.....	35
2.1.	Dynamique générale	35
2.1.1.	Mise en évidence.....	35
2.1.2.	Parcelles d'igname	36
2.1.3.	Parcelles de taro	36
2.2.	Variabilité temporelle et pratiques de gestion	37
2.2.1.	Phase de culture active	37
2.2.2.	Phase de jachère exploitée	37
2.2.3.	Parcelles d'igname et parcelles de taro.....	38
3.	Agrobiodiversité et indices de diversité	38
3.1.	Diversité spatiale.....	38
3.2.	Dynamiques temporelles	40
3.2.1.	Parcelles d'igname	40
3.2.2.	Parcelles de taro	40
4.	Propriétés mathématiques de l'indice AGB	41
4.1.	Sensibilités de l'indice	41
4.1.1.	Abondance relative et richesse variétale	41
4.1.2.	Richesse spécifique	42
4.1.3.	Conséquences	43
4.2.	Domaine de validité	43
4.3.	Variables exclues de l'indice AGB.....	44
4.3.1.	Surface des parcelles.....	44
4.3.2.	La catégorie des pieds spontanés.....	45
PARTIE IV.	Discussion	47
1.	Variabilité spatio-temporelle de l'AGB	47
1.1.	A l'échelle des villages.....	47
1.2.	A l'échelle familiale	48
1.3.	A l'échelle des parcelles	48
2.	Variables de l'indice AGB	49
2.1.1.	La richesse spécifique.....	49

2.1.2. Les abondances relatives.....	50
2.1.3. La richesse variétale	50
3. Limites et perspectives de cette étude	51
3.1. A propos de l'indice AGB.....	51
3.2. Echantillonner l'AGB dans une communauté	52
3.3. Dynamiques de l'AGB et résilience	52
PARTIE V. Conclusion	54
Références bibliographiques	55
Table des figures	59
Table des tableaux	61
Glossaire	62
Annexes	63

Avant propos

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un stage de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur AgroParisTech-ENGREF, spécialité Forêt. Il a été réalisé au sein de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Montpellier en France dans l'équipe UMR GRED et encadré par Stéphanie CARRIERE, chercheur de cette unité. Il a été co-encadré par Pierre-Marie AUBERT et Raphaël MANLAY, enseignants-chercheurs au centre AgroParisTech-ENGREF de Montpellier. L'accueil sur le terrain au Vanuatu a été assuré par le Centre de Techniques et de Recherches en Agriculture du Vanuatu (CTRAV) sur l'île d'Espiritu Santo.

Ce travail s'inscrit dans la tâche 2.1 du projet ANR « Végé-Culture » qui a débuté au Vanuatu au 1^{er} janvier 2011 pour une durée de 4 ans. Ce projet vise à mieux comprendre les dynamiques au sein des systèmes complexes à base de plantes à multiplication végétative en zone tropicale humide.

Introduction générale

L'agriculture est aujourd'hui au centre d'un nombre croissant d'enjeux alimentaire, économiques, environnementaux et de développement, ce qui soulève la question de sa durabilité. En outre, le modèle agricole industriel prôné lors de la révolution verte, et qui s'est largement développé au cours du XX^{ème} siècle un peu partout sur la planète, a montré ses limites. Le traitement en monocultures dans de grandes parcelles, l'utilisation intensive d'engrais et de pesticides, la sélection variétale sur le seul critère de productivité sont tout autant de caractéristiques d'une agriculture dont les conséquences délétères sur l'environnement sont davantage prouvées chaque jour. Dans ce cadre, le modèle de l'agriculture agroécologique, basée sur la réduction de l'utilisation d'intrants et sur l'association des cultures, est plébiscité par de nombreux chercheurs et acteurs de la société civile comme une alternative crédible pour nourrir une population mondiale croissante tout en limitant les impacts sur les territoires agricoles et non agricoles. L'une des difficultés pour développer ce modèle réside dans la grande diversité des systèmes agricoles qu'il peut englober : agroforesterie, agriculture itinérante sur brûlis, jardins de case, n'en sont que des exemples. De plus, la méconnaissance relative de ces systèmes, en terme d'efficacité économique et environnementale notamment, constitue un frein majeur. Cette étude propose de contribuer au développement d'outils de mesure de ces systèmes à travers une estimation de l'agrobiodiversité, en prenant le cas de l'agriculture itinérante sur brûlis pratiquée au Vanuatu, archipel tropical du Pacifique sud. L'objectif principal est la mise au point d'une méthode et d'outils pour la caractérisation de l'agrobiodiversité des systèmes et de ses dynamiques spatiales et temporelles. Notre démarche s'est articulée autour de trois axes principaux. Premièrement, nous traitons de la notion d'agrobiodiversité, ce qu'elle signifie et comment la mesurer. Cela nous permet dans un deuxième temps d'en caractériser les dynamiques spatio-temporelles dans le système considéré et d'identifier les variables pertinentes à son évaluation. Enfin, nous proposons un outil méthodologique offrant une vision synthétique de l'agrobiodiversité à l'échelle d'une parcelle et utilisable dans le cadre d'études pluridisciplinaires des systèmes de culture de la zone intertropicale.

PARTIE I. Introduction

1. Agrobiodiversité : définition et enjeux

1.1. Comment la définir ?

Le terme agrobiodiversité (ou AGB) apparaît pour la première fois neuf ans après celui de biodiversité, en 1994 dans une publication de Brookfield et Padoch (Hammer et al., 2003). Un an plus tard, Qualset et al. (1995) en proposent la définition suivante :

« L'agrobiodiversité » concerne l'ensemble des plantes et animaux domestiques, leurs parents sauvages, ainsi que toutes les espèces qui interagissent avec et aident ces espèces : les pollinisateurs, les symbiontes, les parasites, les prédateurs et les compétiteurs.

Selon cette définition, l'AGB inclut les ressources génétiques, les ressources végétales comestibles (variétés, cultivars, hybrides, etc.), le bétail, les poissons d'eau douce, les organismes du sol, les insectes, bactéries et champignons ainsi que les habitats et les espèces sauvages fournissant des services écosystémiques à l'agriculture (Thrupp, 2000). L'ensemble des plantes cultivées et de leurs parents sauvages utilisé en agriculture, qui ne représente qu'une partie de l'AGB, constitue près de la moitié des espèces de végétaux supérieurs dans le monde (Hammer et al., 2003). L'AGB est donc une notion très vaste qu'il est possible de subdiviser selon différentes perspectives. Wood et Lenné (1999) par exemple distinguent l'AGB sauvage de celle présente dans les champs, elle-même divisible en AGB des cultures et des animaux domestiqués (incluant la diversité des animaux et des pâturages dans lesquels ils évoluent). En interaction avec celles-ci, on retrouve, toujours selon ces auteurs, des espèces nuisibles et des espèces utiles. Jackson et al. (2007) quant à eux, la hiérarchisent selon quatre niveaux écologiques : (1) des gènes et des populations, (2) des communautés, (3) au sein des écosystèmes et (4) et entre les écosystèmes.

Une autre approche de la notion d'AGB est initiée par Perfecto et Vandermeer à la même époque que Qualset, reprise ici par Vandermeer et al. (2002) :

Dans un système géré, une variété de composants biologiques est choisie par le gestionnaire. Celle-ci rassemble les plantes que l'agriculteur plante, les plantes médicinales qui ne sont pas plantées mais qui sont pourtant entretenues par l'agriculteur, les espèces d'arbres que l'exploitant choisi d'abattre, les espèces de poissons choisies pour la pêche, les espèces aquatiques choisies pour l'aquaculture, etc. [...]. Cette biodiversité constitue la « biodiversité planifiée ».

Selon cette définition, la biodiversité planifiée serait synonyme d'AGB (Perfecto et Vandermeer, 2008). Cette approche se distingue de la précédente par deux aspects. D'une part, elle ne limite pas l'AGB au domaine agricole, mais y inclut tous les composants biologiques exploités pour l'alimentation, la construction, la pharmacopée par exemple. D'autre part, l'utilisateur est mis au centre de la définition, en tant que gestionnaire de cette AGB. La distinction entre biodiversité et AGB passe donc ici par les usages et décisions du gestionnaire. En conséquence, cette définition a un caractère plus large et moins figé que celle de Qualset. Comparativement, elle prend notamment davantage en compte les innovations techniques et l'évolution des savoirs et savoir-faire. A biodiversité égale, l'AGB d'un agroécosystème augmente (1) quand l'homme décide de le gérer pour l'exploiter ; (2) quand il découvre un nouvel usage pour une espèce ; et enfin (3) quand il met au point une technique permettant l'exploitation d'une espèce jusqu'alors inexploitée. A l'inverse, l'AGB diminue quand l'exploitation d'une espèce cesse (que le cultivateur soit ou pas à l'origine de la raréfaction ou l'extinction de cette espèce, ou qu'il en ait oublié l'usage). L'AGB d'une forêt tropicale non gérée dans laquelle poussent des ignames sauvages est nulle selon la définition de Perfecto et Vandermeer, positive selon celle de Qualset.

A l'échelle d'une parcelle agricole, comment se différencient l'AGB et la biodiversité ? Dans la définition de Qualset, la frontière entre les deux notions est ténue. Les espèces qui interagissent avec les cultures, positivement ou négativement, font partie de l'AGB : cultures associées et végétation spontanée interagissent toutes, potentiellement, avec les cultures par des mécanismes de compétitions et de facilitations. L'AGB se confond alors avec la biodiversité. Pour Perfecto et Vandermeer, l'AGB regroupe les espèces gérées pour leur exploitation. La végétation spontanée en est donc exclue, à moins que l'agriculteur ne commence à lui accorder une attention particulière dans un but d'exploitation. L'approche de Perfecto et Vandermeer a été retenue pour ce travail. Elle permet une délimitation théorique claire de la notion de biodiversité, en particulier au regard des systèmes de culture de la zone tropicale humide et de leur fonctionnement. La diversité associée, composée des adventices et des spontanées non gérées dans un but de récolte, n'est donc pas couverte par cette étude (Figure 1).

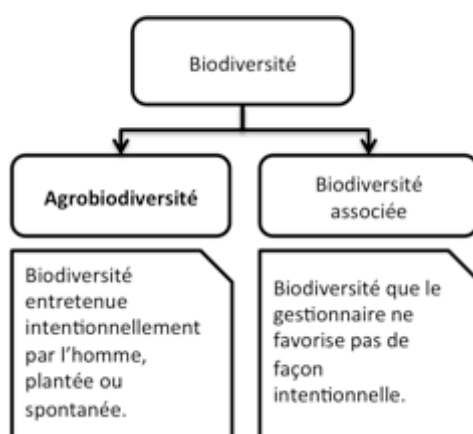


Figure 1 : Distinction des notions de biodiversité et d'AGB (selon Vandermeer et al., 2002)

1.2. Quels enjeux ?

1.2.1. Agrobiodiversité et agriculture durable

L'agriculture durable peut se définir comme la gestion et l'utilisation des agroécosystèmes permettant le maintien de leur intégrité et de leurs fonctionnalités biologiques (Love et Spaner, 2007). Une telle agriculture doit permettre de (1) conserver les ressources naturelles pour les générations futures ; (2) fournir aux générations d'aujourd'hui un niveau de vie convenable et (3) atteindre une efficacité et rentabilité économiques satisfaisantes (Cleveland et al., 1994). Cette définition est précisée par des concepts clés sous-jacents. Ainsi, la stabilité des rendements et de la production est une composante essentielle de l'agriculture durable. Elle permet d'éviter les problèmes de malnutrition et réduit les inégalités sociales. Autant que possible, l'agriculture durable se doit également de réduire l'utilisation de composés toxiques (Qualset et al., 1995).

Le rôle de l'AGB dans la stabilité, résilience et production des agroécosystèmes, éléments essentiels pour une agriculture durable, a été abondamment discuté. La diversité variétale, et en particulier en variétés locales, permet la stabilité des rendements, une meilleure adaptation à l'environnement local et participe à la diversité sociale et culturelle (Cleveland et al., 1994). En élargissant la base génétique des populations, la diversité variétale les rend également moins vulnérables aux maladies et parasites (Cooper et al., 2001). Ce faisant, elle participe à la sécurité alimentaire des agriculteurs et des nations (Thrupp, 2000). A l'échelle du paysage également, l'AGB est importante car elle influence l'intégration des zones agricoles dans l'écosystème, impactant la biodiversité de ce dernier (Vandermeer et Perfecto, 2007). Mais si les bénéfices de l'AGB aux niveaux génétique, intra- et interspécifique sont démontrés, les liens entre diversité génétique et diversité des variétés locales restent flous (Hammer et al., 2003). De même, le rôle joué par l'AGB aux niveaux des communautés et des écosystèmes manque d'études scientifiques (Jackson

et al., 2007). Il y a néanmoins un consensus sur l'existence d'interactions fortes entre l'AGB, la biodiversité, et les dynamiques agricoles. Au cours du siècle dernier, ces interactions ont d'ailleurs conduit à une érosion de l'AGB (Thrupp, 2000). En temps qu'élément clé d'une agriculture durable, l'AGB reçoit aujourd'hui une attention particulière, dans le but de mettre un terme à son érosion.

1.2.2. Comment conserver l'agrobiodiversité ?

La conservation de l'AGB est une priorité internationale et est institutionnalisée à travers des accords légaux internationaux contraignants (Love et Spaner, 2007). En 1974 est créé le *International Board of Plant Genetic Resources* qui deviendra le *International Plant Genetic Resources Institute*. Un cadre légal est établi un peu plus tard suite à la *Convention sur la Diversité Biologique*, puis avec le *Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture*. Avec l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire, maximiser la biodiversité devient une stratégie de lutte contre les risques encourus par l'agriculture face à un environnement changeant (Jackson et al., 2007). Enfin, dans l'Agenda 21, la communauté internationale appelle au développement de la conservation de l'AGB pour le développement d'une agriculture durable. Ce cadre institutionnel propose deux stratégies de conservation.

La conservation *ex-situ* conserve la diversité en dehors des habitats naturels *via* des banques de gènes, du stockage *in-vitro* de pollen ou d'ADN et passe principalement par des banques de graines. Elle assure (1) une disponibilité immédiate des semences, (2) un large choix de matériels mobilisables dans un futur incertain et (3) constitue une assurance à la perte de diversité dans les agroécosystèmes en permettant une réintroduction. Néanmoins, la conservation *ex-situ* est statique et le maintien des collections pose de nombreux problèmes (Love et Spaner, 2007). Pour n'en citer qu'un, elles ne rassemblent qu'une très faible partie de la diversité biologique. La conservation *in-situ* conserve quant à elle la biodiversité là où elle s'est développée. Elle implique la collection, classification, évaluation et utilisation de l'AGB *via* des méthodes de conservation en réserves (pour les cultures sauvages et espèces forestières) ou à la ferme (pour le matériel utilisé en agriculture). Elle permet de préserver les processus d'évolution (mutation, migration, recombinaison, sélection) et de garder une « sauvegarde » en cas de perte de collections *ex-situ*. Cependant son avantage économique face aux méthodes *ex-situ* reste à démontrer. Pour se développer, la conservation *in-situ* a besoin d'être soutenue par des incitations telles que le développement de marchés, les incitations monétaires directes, ou encore l'amélioration participative des cultures (Love et Spaner, 2007).

La conservation *in-situ* apparaît aujourd'hui comme le paradigme dominant ou le plus influant. Il serait pourtant plus mesuré de reconnaître la complémentarité des modèles de conservation (Wood et Lenné, 1997). Notamment, la conservation *in-situ* suppose une volonté locale allant de pair avec les objectifs internationaux. Mais les agriculteurs, et en particulier dans les pays en développement, se situent-ils dans une optique de conservation similaire ?

1.2.3. Quelle(s) volonté(s) locale(s) ?

Les agriculteurs des pays en développement maintiennent des niveaux d'AGB importants (voir PARTIE I.1.3). Dans un village du Vanuatu, par exemple, Caillon (2005) dénombre 96 variétés de taro (*Alocasia esculenta*) maintenues pour leurs spécificités alimentaires et pour l'héritage culturel qu'elles représentent. Plus généralement, la diversité variétale permet également aux agriculteurs de mieux répartir leur production et leur force de travail sur l'année, de mieux gérer les risques (maladies, intempéries) et d'avoir des produits adaptés à de nombreuses conditions agroécologiques (Cleveland et al., 1994). L'AGB participe ainsi à la flexibilité socio-écologique des agriculteurs (Jianchu et al., 2009). Même si les stratégies et logiques individuelles sont variées, les agriculteurs ont, en général, un intérêt à entretenir un haut niveau

d'AGB. C'est précisément ce que l'on observe, tant l'AGB assure des fonctions essentielles dans l'agriculture de Zone Tropicale Humide (ZTH).

1.3. Agrobiodiversité et systèmes de culture de Zone Tropicale Humide (ZTH)

La biodiversité au sein des systèmes de culture a été l'objet de nombreuses études et inventaires dans la ZTH. En fonction des contextes, ces systèmes de culture sont très hétérogènes. Ils peuvent être ainsi composés de jardins de case, d'agroforêts, d'abattis-brûlis, de champs de culture permanente, etc.

1.3.1. Terminologie

Le système de culture désigne l'ensemble des parcelles d'un agriculteur, chacune caractérisée par une succession de cultures et par l'ensemble des techniques qui leurs sont appliquées suivant un ordonnancement précis, appelé l'itinéraire technique. Ce système fait partie du système plus large de culture et d'élevage, qui englobe les pâturages. Dans certaines situations, isoler le système de culture de celui de culture et d'élevage est cependant impossible (bétail et cultures sur un même espace).

La notion de jardin de case peut être appréhendée selon Kumar et Nair (2004) par :

« L'association intime et multi-stratifiée de plantes cultivées et d'arbres variés, parfois en association avec des animaux domestiqués, autour de la propriété. »

Comme le notent Bernholt et al. (2009), le caractère de proximité à l'habitation est éludé dans des cas particuliers, telles que les zones urbaines ou péri-urbaines. Enfin, un jardin de case est un espace où la gestion est intensive et permanente.

En comparaison, une agroforêt est, quant à elle, « plus étendue spatialement, moins intensément gérée et composée principalement d'espèces pérennes » (Fraser et al., 2011). Michon et al. (1995) la définissent comme :

« Une association de diverses plantes pérennes, cultivées et spontanées, reproduisant une structure forestière complexe et intégrée dans un système de gestion agricole. »

Enfin, l'agriculture d'abattis-brûlis se voit attribuer de nombreuses terminologies et définitions (voir Ducourtieux, 2006 pour un état des lieux). Nous lui préférons le terme d'agriculture itinérante sur brûlis, définie ici comme un système d'utilisation des terres basé sur une phase de jachère naturelle ou améliorée, en général plus longue que la phase de culture, permettant une recolonisation par des espèces ligneuses et défrichée par le feu au moment de la mise en culture (inspiré de Mertz et al., 2009). L'agriculture itinérante sur brûlis est une dénomination très générale qui regroupe un grand nombre de pratiques et de situations, parfois très différentes. Ainsi, dans certains systèmes classés dans l'agriculture itinérante sur brûlis, l'abattis n'est pas suivi d'un brûlis. Certains parlent d' « abattis et compost », pour qualifier cette sous-catégorie appartenant néanmoins à l'agriculture itinérante sur brûlis (Bahuchet, 1994).

Nous concentrons notre propos sur ces trois composants des systèmes de culture de ZTH, jardins de case, agroforêts et abattis-brûlis, afin de dresser un rapide état de l'art sur leur AGB.

1.3.2. Des systèmes riches en agrobiodiversité ?

La littérature scientifique s'est beaucoup intéressée aux jardins de case et aux agroforêts (Kumar et Nair, 2004). En Afrique, Abebe et al. (2010) recensent 78 espèces cultivées dans des jardins de case spécialisés. En zone péri-urbaine, Bernholt et al. (2009) en dénombrent 114. En Amérique du Sud, Albuquerque et al. (2005) ont étudié la diversité structurale (horizontale et verticale) des jardins et identifient 54 espèces d'arbres utilisés par les agriculteurs. Eichemberg et al. (2009), eux, dénombrent 410 espèces utiles dans les jardins de case au Brésil, dont plus de la moitié sont ornementales et le quart alimentaires. Ils surpassent ainsi le record sur l'ensemble des études des jardins de case tropicaux de 309 espèces utiles recensées par

Perrault-Archambault et Coomes (2008) au Pérou. Les jardins de case de ZTH se caractérisent par une AGB élevée, autant au niveau de la composition en espèces qu'aux niveaux structural (Méndez et al., 2001) et fonctionnel (Lamont et al., 1999). Dans une revue sur le sujet, Galluzzi et al. (2010) comparent ces parcelles à des « points chauds de diversité ».

Mais peu d'auteurs utilisent le mot « AGB », et préfèrent les termes plus génériques de « diversité » ou « biodiversité ». Les espèces ciblées diffèrent selon les inventaires. Souvent, ces inventaires portent sur les plantes utiles présentes dans les parcelles, avec la participation du gestionnaire (De Clerck et Negreros-Castillo, 2000 ; Das et Das, 2005 ; Abebe et al., 2010 ; Fraser et al., 2011). Albuquerque et al. (2005) considèrent quant à eux « *toutes les plantes (sauf les herbacées)* ». Parfois, des catégories de plantes parmi les plantes utiles sont exclues des inventaires, par exemple les plantes médicinales (Fraser et al., 2011) ou ornementales (Lamont et al., 1999). A notre connaissance, seuls Perrault-Archambault et Coomes (2008) utilisent le terme « AGB ». Dans les faits, cela ne modifie pas l'objet de l'inventaire (à savoir les plantes utiles) mais a le mérite d'en faciliter la lecture. S'il était davantage utilisé, le terme AGB pourrait également permettre une homogénéisation des protocoles d'inventaires, ce qui faciliterait la comparaison des résultats.

1.3.3. Quelles dynamiques ?

Au delà de l'aspect purement descriptif, l'AGB est souvent mise en relation avec des données socio-économiques et culturelles (Tableau 1).

Tableau 1 : Quelques facteurs socio-économiques et culturels influant sur l'AGB dans les systèmes de culture de ZTH

Echelle nationale et supranationale	Facteurs politiques (Jianchu et al., 2009)	Politiques agricole, économique, de santé Sécurité alimentaire
	Facteurs économiques	Conjecture économique (Buchmann, 2009)
Echelle régionale et locale	Facteurs socio-culturels	Démographie (Thomas et Van Damme, 2010) Valeur socio-culturelle de l'AGB (Caillon, 2005) Savoirs locaux (Anglaaere et al., 2011)
	Facteurs économiques	Niveau d'intégration dans un système monétarisé Possibilités de commercialisation Opportunités d'emplois extérieurs (Wiersum, 2006) Tourisme (Lamont et al., 1999)
	Facteurs géographiques	Zone rurale ou urbaine, degré d'isolement
	Facteurs environnementaux	Macroclimat
Echelle familiale et individuelle	Facteurs socio-culturels	Genre, origine ethnique de l'agriculteur (Bernholt et al., 2009) Savoirs individuels Préférences alimentaires Importance attribuée aux dimensions culturelles Structure et composition du ménage Réseaux d'échanges intra- et inter-villages
	Facteurs économiques	Stratégies de subsistance (Méndez et al., 2001) Forces et moyens de travail
	Facteurs agronomiques	Caractéristiques du système de culture (Peyre et al., 2006)
	Facteurs environnementaux	Géographie (Buchmann, 2009)
Echelle parcellaire	Facteurs agronomiques	Fertilité du sol Taille de la parcelle
		Introduction de nouvelles cultures (Abebe et al., 2010)

Ces « liens entre biodiversité, culture, et modes de vie » (Jianchu et al., 2009) amènent à envisager l'AGB d'un point de vue dynamique. Néanmoins, au vu de la variabilité des situations locales, il est difficile de conclure sur des tendances globales. Par exemple, si dans certains cas l'accessibilité aux marchés a un impact sur l'AGB, il peut tout autant être positif que négatif (Kehlenbeck et al., 2007).

Les systèmes de culture de ZTH maintiennent donc une AGB élevée et représentent à ce titre un intérêt majeur en matière de conservation (Kumar et Nair, 2004 ; Tabuti et al., 2011). Mais l'AGB est dynamique au sein d'un système mû par des facteurs politiques, économiques, sociaux, culturels et environnementaux. L'estimation de l'AGB est un prérequis essentiel pour mieux comprendre ce système. A l'heure actuelle, il existe de nombreuses méthodes d'estimation.

2. Comment estimer l'agrobiodiversité ?

Comme l'indiquent Clergue et al. (2009), différentes approches existent pour estimer l'AGB (Tableau 2).

Tableau 2 : Les approches existantes pour estimer la biodiversité (d'après Clergue et al., 2009)

Approches	Outils d'estimation utilisés
Mesures directes de biodiversité	Indices de biodiversité Bio-indicateurs
Modélisation des fonctions de la biodiversité	Modèles basés sur le fonctionnement des systèmes Modèles basés sur les traits de vie
Mesures de substituts de la biodiversité	Mesures des éléments du paysage Indicateurs de paysage
Indicateurs agroécologiques	Indicateurs d'évaluation de l'impact des activités agricoles

Nous apprécierons ici la qualité des mesures directes à l'aide des indices. Ces derniers ont été élaborés pour la biodiversité. Nous présentons donc ici les indices de biodiversité en général.

2.1. Terminologie

Quelles différences entre « mesures de biodiversité », « indicateurs de biodiversité » et « indices de biodiversité » ? Ces termes ne sont pas toujours clairement définis (Duelli et Obrist, 2003). Et pour cause, le concept de biodiversité ne possède pas de définition consensuelle, ni opérationnelle. Noss (1990) adopte une approche hiérarchique selon trois composants de biodiversité (composition, fonction et structure), qu'il appréhende à différentes échelles. Duelli et Obrist (2003), eux, ajoutent des composantes culturelles et abiotiques. Nous en proposons ici une synthèse (Figure 2).

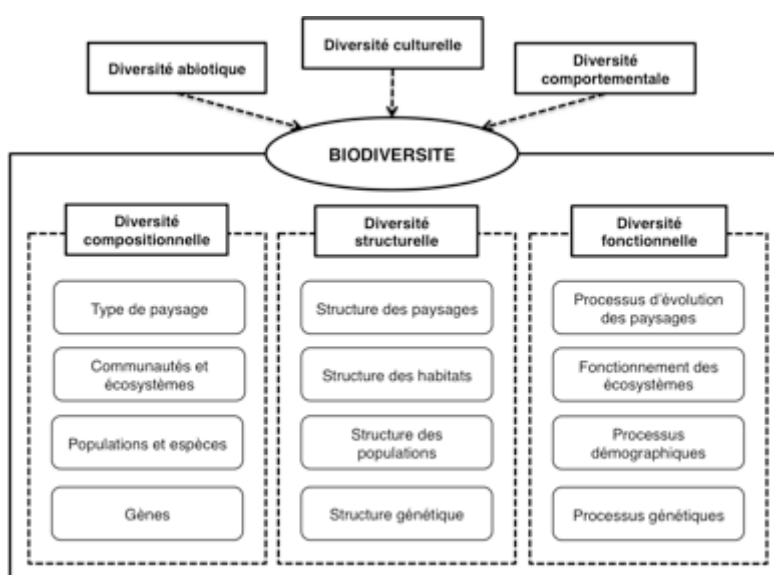


Figure 2 : Les différentes composantes de la biodiversité (inspiré de Noss, 1990; Duelli et Obrist, 2003).

La biodiversité n'est donc mesurable dans les faits qu'à travers certaines de ses composantes (représentées par des indicateurs), qui sont ensuite utilisées pour en déduire des estimations. Un indicateur de biodiversité se définit comme « tout mesurable corrélé à l'entité que l'on cherche à estimer : un aspect particulier de la biodiversité » (Duelli et Obrist, 2003). En conséquence, il existe différents types d'indicateurs, correspondant à différents aspects de la biodiversité et différentes échelles: la composition en espèces, la richesse spécifique, le taux d'hétérozygotie, le pourcentage de couvert forestier, etc. Le choix d'un indicateur dépend des objectifs, de la finalité de l'estimation de biodiversité. Plus généralement, les indicateurs conditionnent et dépendent de la représentation que l'on se fait de la biodiversité. Ainsi,

« D'un point de vue opérationnel, la biodiversité peut être simplement définie comme un jeu de données multivariées [les valeurs des indicateurs mesurés] qui quantifient différents aspects de la structure d'une communauté. » (Ricotta, 2005b)

En d'autres termes, la biodiversité mesurée n'est en rien une propriété intrinsèque à un écosystème mais plutôt un modèle mathématique imaginé et calculé à partir d'indicateurs mesurables. Ces modèles, appelés indices de biodiversité, offrent une vision synthétique d'une ou plusieurs composantes de la biodiversité.

Pour résumer, la biodiversité d'un milieu est estimée par la mesure d'un ou plusieurs indicateurs de biodiversité. Ces indicateurs constituent les variables utilisées dans le calcul d'indices. La valeur d'un indicateur, ou d'un indice, ne fournit dans l'absolu aucune information. La comparaison de différentes valeurs d'indices permet quant à elle d'évaluer des différences ou des évolutions dans le temps, voire dans l'espace (Buckland et al., 2005).

Quels sont les indices principalement utilisés ? Quels indicateurs sont nécessaires à leur calcul ? Enfin, quels enjeux posent leur mesure ?

2.2. Quels indices de biodiversité ?

Le nombre d'indices présents dans la littérature est plus qu'abondant (voir notamment Pavoine, 2005). Loin de vouloir en dresser un inventaire exhaustif, nous proposons ici de comprendre les raisons de cette diversité à travers les indices les plus utilisés.

2.2.1. La biodiversité : quelles échelles ?

Whittaker (1965) définit trois échelles usuelles de biodiversité :

- Diversité α : diversité au sein d'une communauté. C'est la diversité estimée sur la plus petite échelle spatiale, par exemple au sein d'un quadrat lors d'un échantillonnage ;
- Diversité γ : diversité au sein d'un paysage ou d'une région. C'est la diversité estimée au sein d'un ensemble composite constitué des quadrats de l'échantillonnage.
- Diversité β : différenciation des communautés. Mesure les dissimilarités entre les différentes communautés, soit entre les différents quadrats dans notre exemple.

Il existe des indices pour chacun de ses trois niveaux de biodiversité. Mais à partir de la diversité α , il est possible de calculer γ puis β . Nous n'aborderons donc pas ici les indices de dissimilarités.

2.2.2. Des indices et des représentations de la biodiversité

Ficher et al. (1943) sont les premiers à utiliser le terme d'« indice de biodiversité », pour faire référence à un nombre d'espèces. L'indice de richesse fait intervenir un seul indicateur de biodiversité :

$$H_r = S - 1,$$

où S est le nombre de catégories dans l'unité considérée (un quadrat, un champ, une forêt, etc.). La notion de catégorie est fonction du niveau sur lequel l'observateur se place sur les échelles taxonomiques et écologiques (Pavoine, 2005). Il sera question de richesse spécifique à l'échelle de l'espèce, de richesse variétale, de richesse paysagère, de richesse des écosystèmes, etc. Mais l'indice H_r réduit la notion de

biodiversité à un simple décompte de catégories dans les unités. Il donne la même valeur à deux unités contenant le même nombre de catégories, même si les effectifs de chacune des catégories au sein des unités diffèrent. Pourtant, la différence d'effectifs de chaque catégorie entre les deux unités participe à une différence de biodiversité.

Ainsi, l'abondance relative en une catégorie i (p_i) est un indicateur important à considérer. Elle se définit par :

$$p_i = \frac{n_i}{N} \text{ avec } N = \sum_{i=1}^S n_i$$

où n_i est l'abondance (défini comme le nombre ou la densité de pieds) de l'espèce i et N l'abondance totale dans l'unité.

Les deux indices les plus utilisés en écologie utilisent l'abondance :

- Indice de Shannon-Wiener¹ :

$$H_S(p) = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log(p_i)$$

- Indice de Gini-Simpson :

$$H_{G-S}(p) = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

La première limite de ces indices réside dans l'interchangeabilité des catégories, comme le souligne Pavoine (2005) :

« Ces indices attribueraient la même diversité à une région dans laquelle seraient présents une autruche, un mulot et un lion, qu'à une région dans laquelle se trouveraient un campagnol, un mulot et un rat. Alors que d'un certain point de vue, nous avons l'intuition que la première région est plus diverse. »

De plus, en pondérant chaque catégorie par la part qu'elle occupe dans l'unité, les indices H_S et H_{G-S} sont peu sensibles aux catégories peu représentées. Pourtant, dans une optique où la mesure de biodiversité est un outil d'aide à sa protection et permettant de fixer des priorités de conservation, considérer l'abondance n'est pas pertinent (Izsák et Papp, 2000) car l'attention du conservateur doit se concentrer sur les catégories rares, peu représentées.

Au sein du paradigme de la conservation, deux approches se distinguent. La première vise à identifier les unités ou les catégories menacées. Elle utilise pour cela des indices de rareté (Daan, 2001), des indices tenant compte de la phylogénie (Clarke et Warwick, 2001 ; Faith, 2002), ou encore considérant la distinctivité des catégories, c'est-à-dire leur « taux d'endémisme » (Lu et al., 2007). La deuxième approche consiste au suivi de la biodiversité pour en comprendre les dynamiques. Scholes et Biggs (2005) proposent par exemple un indice évaluant l'état global de la biodiversité d'une unité. Si ces deux approches correspondent à des visions différentes de la conservation avec des outils différents, un indice permettant leur conciliation a été proposé (Izsák et Papp, 2000).

Tous les outils développés par les conservationnistes restent cependant centrés sur un nombre de catégorie et des fréquences. Or pour certains, ce sont les fonctions remplies par les catégories dans l'unité qui garantissent son bon fonctionnement, plus que leur nombre ou leur degré de parenté en tant que tels (Tilman, 1999). Les mesures doivent donc se concentrer sur la biodiversité fonctionnelle, définie comme « les composants de la biodiversité qui influencent la façon dont l'écosystème se comporte ou fonctionne » (Tilman, 2001). Ces composants sont les groupes (ou types) fonctionnels, des groupes d'organismes

¹ Voir Spellerberg et Fedor (2003) pour l'ajout du nom de Wiener à celui de Shannon.

répondant de manière similaire à l'environnement et ayant des effets similaires sur le fonctionnement de l'écosystème (Cabido, 2001). Les fonctionnalistes ne créent cependant pas de nouveaux indices. Ils utilisent surtout les indices H en considérant comme catégorie le groupe fonctionnel, plutôt que l'espèce. Mais bien souvent, comme le déplore Ricotta (2005b), les auteurs s'arrêtent à la richesse fonctionnelle (nombre de groupes fonctionnels représentés) et font l'impasse sur les notions de richesse spécifique et d'abondance.

Un indice semble adapté aux conservationnistes et aux fonctionnalistes : l'indice d'entropie quadratique, initialement proposé par Rao (1982). Cet indice intègre l'abondance et la richesse, ainsi que la distance entre les catégories :

$$Q(p) = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S p_i p_j d_{i,j}$$

où $d_{i,j}$ est une mesure de la distance entre les catégories i et j calculée au moyen d'une matrice de dissimilarités. L'indice d'entropie quadratique soulève néanmoins les problèmes de la mesure des distances (Clarke et Warwick, 1998 ; Owens et Bennett, 2000; Faith, 2002; Ricotta, 2005a) et de la violation du principe de concavité de Whittaker² (Ricotta, 2005a).

Avec l'évolution des connaissances sur la biodiversité, les indices se sont précisés et complexifiés. Mais si les indices sont façonnés pour partie par ces connaissances, la finalité des mesures participe également à leur construction. Ces deux éléments expliquent l'existence d'un grand nombre d'indices. Chacun possède ses spécificités et une efficacité limitée selon le contexte.

2.2.3. Propriétés et limites des indices de biodiversité

Premièrement, l'utilisation des indices en elle-même fait débat. Ils induisent en effet une perte d'information due à la réduction d'un jeu de données multivariées en un scalaire unique, ce qui leur donne un caractère ambigu (Zahl, 1977 ; Büchs, 2003). Ils requièrent en parallèle de solides connaissances mathématiques (Ricotta, 2005a), ce qui peut expliquer l'utilisation majoritaire des indices H, faciles à calculer et aux propriétés statistiques accessibles.

Ensuite, chaque indice répond différemment aux variations des composantes de la biodiversité. H_r est très sensible à l'ajout ou la suppression d'une catégorie, même si celle-ci n'est que peu représentée. H_S et H_{G-S} donnent, quant à eux, un faible poids aux catégories rares, et en particulier H_{G-S} qui n'est sensible qu'à l'abondance des catégories les plus abondantes (Whittaker, 1965). Enfin, l'indice Q enfreint la règle de concavité et n'est utilisable que sous certaines conditions (Pavoine et al., 2005).

Enfin, l'estimation de la biodiversité a souvent recours à des méthodes d'échantillonnage, desquelles découlent des biais d'échantillonnage, d'estimation et de mesure (Walther et Moore, 2005). La « vraie valeur » des indices ne peut donc être qu'estimée, ce qui constitue source de biais potentielle. Par exemple, il n'existe pas d'estimateur non biaisé de la richesse ni de l'indice de Shannon³ (Pavoine, 2005).

Pour conclure, il n'existe pas d'indice de biodiversité universel. Un indice est un modèle de la réalité créé dans un but précis, avec la volonté de résumer un aspect particulier (et arbitraire) de la biodiversité. Il est donc important de considérer les principales caractéristiques des indices (Tableau 3) avant d'en choisir un (ou plusieurs) et de l'appliquer. Cette remarque est d'autant plus pertinente dans le cas où l'on souhaiterait utiliser un indice de biodiversité pour estimer de l'AGB.

² Le principe de concavité de Whittaker veut que la valeur des indices de biodiversité augmente avec l'ajout de catégories, même en faible effectif. Dans le cas où ce principe n'est pas respecté, l'indice peut alors suggérer d'éliminer des catégories pour augmenter la biodiversité.

³ Des méthodes ont été proposées pour corriger ces biais, notamment les méthodes de Margalef, de Menhinick, ainsi que des méthodes paramétriques et non paramétriques (voir Pavoine, 2005 pour plus de détails).

Tableau 3 : Propriétés de quatre indices de biodiversité

Indices de biodiversité	Propriétés
Richesse : $H_r = S - 1$	très sensible au nombre de catégories, même rares catégories interchangeables estimateur biaisé
Shannon-Wiener : $H_S(p) = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$	concavité peu sensible aux catégories rares catégories interchangeables très proche la richesse dans les collections très riches borne supérieure : $\ln(S)$ estimateur biaisé
Gini-Simpson : $H_{G-S}(p) = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$	concavité très peu sensible aux catégories rares catégories interchangeables non-borné estimateur non-biaisé
Entropie quadratique de Rao : $Q(p) = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S p_i p_j d_{i,j}$	non concave (en général) caractère arbitraire de la définition de distance nombreuses méthodes de calcul de la matrice de dissimilarités non-borné

2.3. Indices de biodiversité et AGB

Certaines études d'AGB menées dans les jardins de case et les agroforêts de ZTH utilisent des indices de biodiversité pour analyser leurs résultats. Les plus utilisés sont Shannon et Simpson, ainsi que l'indice de régularité de Pielou. Souvent, des indices de diversité β , qui mesurent les dissimilarités entre les parcelles sont utilisés, notamment ceux de Sorensen et Jaccard. Pourtant, des lacunes ont été observées dans la pratique par Morin (2006) au Vanuatu :

« Les indices couramment utilisés en écologie pour mesurer la diversité peuvent être appliqués aux systèmes agroforestiers traditionnels et aux systèmes de plantation mais ils ne rendent compte ni de la diversité intraspécifique ni des unités de surface. »

Jarvis (2008) corrobore ces propos en soulignant l'importance de l'échelle variétale pour l'estimation de la diversité *in-situ* et en identifiant la surface comme un indicateur pertinent de diversité. Morin va cependant plus loin en proposant un indice d'AGB surfacique permettant de combler ces lacunes :

$$Agb\ surf = \sum_{i=1}^S \frac{morph_i \cdot 100}{Surface}$$

où $morph_i$ est le nombre de morphotypes pour l'espèce i présents sur la parcelle.

Cependant, mise à part Morin (2006), la littérature a peu discuté la pertinence des indices de biodiversité pour l'estimation de l'AGB.

3. Problématique

3.1. Comprendre les dynamiques de la culture itinérante

3.1.1. Une agriculture marginalisée

La culture itinérante a longtemps été une agriculture décriée par les agronomes et par l'opinion publique (Ducourtieux, 2006). Souvent qualifiée d'agriculture « primitive » (Fox et al., 2009), car itinérante et donc pratiquée par des nomades qui ne savent pas maîtriser la terre, réfractaire au progrès, elle est considérée par beaucoup comme non-durable dans un contexte de croissance démographique et identifiée comme une cause sévère de déforestation (Härdter et al., 1997). L'agriculture itinérante sur brûlis a mauvaise

presse et pour cause : la mise à feu des forêts, souvent pratiquée, choque les inconscients (Condominas, 2009).

Néanmoins, l'opinion sur l'agriculture itinérante évolue avec l'avancée des connaissances. Il y a en effet eu pendant longtemps un amalgame entre défrichement par le feu au niveau des fronts pionniers de déforestation et agriculture itinérante sur brûlis (Bahuchet, 1994). Les causes de la déforestation viendraient donc davantage de la perturbation d'un système d'utilisation des terres (par l'arrivée de migrants notamment) que du système en lui-même, qui a su faire cohabiter par ailleurs et depuis des millénaires agriculture et écosystèmes forestiers (Carrière, 2003, pp.15–25). Mais encore très récemment, Padoch et Pinedo-Vasquez (2010) en appelaient à adopter une posture plus objective vis-à-vis de cette agriculture, afin d'en comprendre le fonctionnement et le rôle dans la protection de la biodiversité :

« Mais nous suggérons qu'elle [l'agriculture itinérante sur brûlis] pourrait avoir une place dans un nouveau paradigme de conservation, avec des recherches scientifiques sérieuses ayant pour objectif de travailler avec et non contre elle. Les bénéfices potentiels en seraient grands, incluant la conservation de la biodiversité ayant une signification spéciale pour les communautés humaines, et la conservation, voire même la création, de diversité culturelle qui a longtemps fait partie de la diversité, complexité, et du dynamisme de la culture itinérante sur brûlis et des petits propriétaires. »

De la même façon que les jardins de case ont été beaucoup étudiés, avec des approches descriptives et dynamiques à différentes échelles, un effort similaire est à fournir pour l'agriculture itinérante sur brûlis.

3.1.2. Le projet « Végé-Culture »

C'est l'objectif que se fixe le projet « Végé-Culture ». Adoptant une approche multidisciplinaire qui combine sciences écologique, génétique, chimique, socio-économique, anthropologique et géographique, le projet vise à mieux comprendre les dynamiques liées à la l'agriculture itinérante sur brûlis, en prenant comme cas d'étude le Vanuatu, archipel de la zone Pacifique. Une articulation en cinq tâches doit permettre d'y apporter des éléments quantifiés, en utilisant l'AGB comme élément clé de compréhension de l'état de santé et des dynamiques des systèmes (Figure 3). En tant que composante d'un système agroécologique, l'AGB pourrait en effet constituer un indicateur pertinent de son état de santé et de sa durabilité (Kehlenbeck et al., 2007).

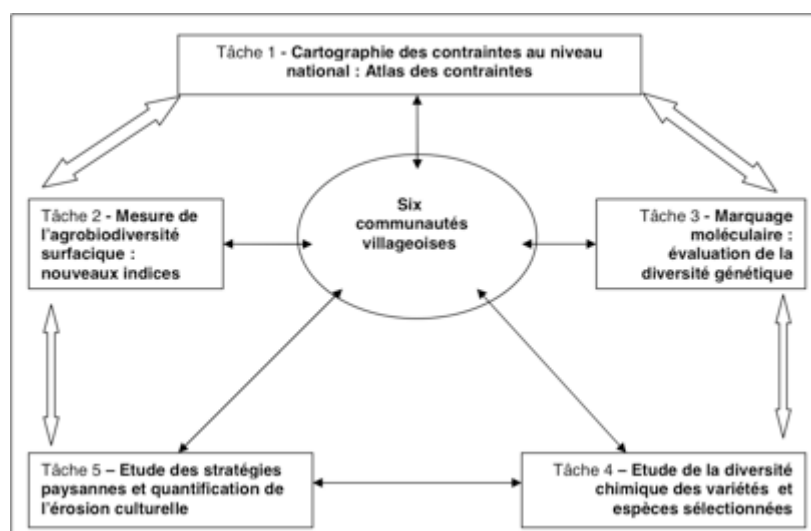


Figure 3 : Articulation de l'approche multidisciplinaire du projet "Végé-Culture"

Notre travail s'inscrit dans la tâche 2 du projet, dont l'objectif principal est la mesure et l'estimation de l'AGB maintenue par l'agriculture itinérante à l'échelle des parcelles d'abattis-brûlis.

3.1.3. Vers un indice d'agrobiodiversité

Les lacunes des indices de biodiversité classiques identifiées par Morin (2006) peuvent être complétées par des considérations théoriques. Soit l'exemple d'un arbre dans une parcelle où la culture principale est le taro. Cet arbre peut être déterminant pour le fonctionnement de l'agroécosystème (Carrière et al., 2002a ; 2002b), notamment:

- Un arbre fruitier peut fournir une grande quantité de nourriture annuellement à l'agriculteur, ainsi qu'un revenu monétaire. C'est pour cela en premier lieu qu'il a été planté ou épargné ;
- Cet arbre isolé, de part la chute des fruits, des fleurs et des feuilles, contribue à enrichir et à améliorer localement la fertilité du sol où les cultures les plus exigeantes pourront être plantées ;
- Il peut apporter un ombrage pour les cultures et les personnes qui travaillent aux champs et peut également par période de grand vent ou au cours d'un épisode cyclonique protéger les cultures du phénomène de verse ;
- Enfin, ce même arbre peut avoir des usages multiples : tuteur pour les ignames, bois de chauffage, de construction, alimentation, fourrage, sépulture, symboles etc.

Néanmoins, son abondance relative est négligeable par rapport à celle des taros. En n'attribuant que peu de poids aux espèces rares, les indices de Shannon-Wiener et Gini-Simpson ne sont pas en mesure de traduire l'importance que cet arbre a pour l'agroécosystème. Un autre exemple peut être donné par deux parcelles monospécifiques de taro. Les indices classiques attribuent une note nulle à ces deux parcelles, sans tenir compte du nombre de variétés de taros.

D'autres exemples pourraient être donnés pour mettre en exergue le fossé entre l'importance des éléments rares et les lacunes des indices de biodiversité pour l'étude de l'AGB : fonction culturelle des espèces, nombre d'usages connus pour une espèce, etc. Finalement, nous soulevons la question de la pertinence des indices de biodiversité pour estimer l'AGB. Plus spécifiquement, l'AGB peut-elle se résumer dans un indice unique traduisant ses dynamiques au sein de l'agroécosystème ?

3.2. Objectifs

Le premier objectif structurant ce travail est de mettre au point un protocole pour quantifier l'AGB contenue dans les parcelles du système d'agriculture itinérante du Vanuatu. Ce protocole d'inventaire doit être opérationnel et intégrer des contraintes logistiques, de temps, ainsi que les réalités du terrain. Son élaboration se base sur une campagne d'inventaires dans six villages à travers le Vanuatu.

La notion d'agriculture itinérante sur brûlis recoupe des pratiques et des situations très différentes (PARTIE I.1.3.1). Le Vanuatu se compose notamment de populations de l'igname et de populations du taro (Bonnemaison, 1986, chap.10). Cette hétérogénéité des parcelles est susceptible d'influer sur l'AGB et sa quantification. Un deuxième objectif est donc la caractérisation des parcelles et de leur hétérogénéité. Cette tâche doit permettre d'identifier l'influence de l'hétérogénéité des parcelles sur les mesures d'agrobiodiversité.

Ces deux premiers objectifs permettront de discuter de la pertinence des indices de biodiversité classiques pour estimer l'AGB des parcelles du Vanuatu, finalité première de ce travail. Le cas échéant, un indice plus pertinent et mieux adapté à l'agriculture itinérante pratiquée au Vanuatu pourra être proposé. Enfin, le dernier objectif s'intéresse aux dynamiques de l'AGB dans les parcelles : comment l'AGB d'une parcelle se comporte-t-elle dans le temps ? Y a-t-il des différences d'AGB selon les villages et les agriculteurs ?

3.3. Hypothèses de travail

Une méthode d'échantillonnage diachronique a été mise en œuvre pour l'étude de l'évolution dans le temps de l'AGB des parcelles (du moment de l'abattis jusqu'à la mise en jachère). Plutôt que de suivre une parcelle pendant cinq ans, cette méthode propose de réaliser un inventaire dans cinq parcelles défrichées au cours des cinq dernières années. Elle fait l'hypothèse que l'AGB de ces cinq parcelles suit le même itinéraire.

Au cours d'un cycle de culture sur une parcelle, l'utilité de la parcelle change d'années en années, ainsi que l'intensité de gestion. Si la première année, les parcelles sont nettoyées régulièrement et accueillent les cultures utilisées dans l'alimentation de base, après la récolte de celles-ci, la gestion de la parcelle par l'agriculteur devient plus sporadique, souvent limitée à une activité de récolte sans nettoyage intensif. Il y a donc une perte progressive (1) de la fonction alimentaire quotidienne et (2) de la fonction coutumière. Les produits récoltables changent avec l'âge au profit d'usages non alimentaires (Carrière, 2003). Morin (2006) constate une tendance globale à la baisse de l'AGB dans une étude comparable au Vanuatu. Ce résultat est considéré ici comme une hypothèse discutée à la lumière de nos résultats.

Enfin, l'homme étant au centre de la notion d'AGB, une même réalité biologique peut correspondre à plusieurs réalités sociales et agroécologiques. Une tige d'une même espèce peut en effet avoir des fonctions différentes. Par exemple, un pied de taro présent sur une parcelle peut avoir été planté, ou être un simple rejet. S'il a été planté, ce taro peut être utilisé pour l'alimentation, la coutume et/ou la transplantation. En tant que rejet, il ne peut que servir à la transplantation. Selon leur origine, les pieds et espèces d'une parcelle ont des fonctions différentes. En matière d'AGB, il est important de distinguer ces situations complexes et pratiquement infinies.

PARTIE II. Matériels et méthodes



Figure 4 : Carte du Vanuatu avec les six villages choisis dans cette étude.

Les éléments présentés dans ce chapitre sont en grande partie issus de l'Atlas du Vanouatou⁴ (Siméoni, 2009). Certains chiffres ont été mis à jour en tenant compte du dernier recensement réalisé par l'Office National de Statistiques du Vanuatu (Vanuatu National Statistics Office, 2009).

1. Présentation du Vanuatu

1.1. Le milieu physique

1.1.1. Situation géographique

Le Vanuatu est un archipel en forme de Y, composé de 83 petites îles s'étendant sur 900 km du nord au sud (Figure 4). Il se situe en Mélanésie à 1 750 à l'est de l'Australie dans la partie sud du Pacifique. Il est entouré des îles Fidji à l'est (à 800 km), de la Nouvelle-Calédonie au sud et des îles Salomon au nord-ouest.

Le territoire couvre une zone d'environ 710 000 km². La superficie des terres immergées se limite en revanche à 12 281 km². Les deux plus grandes îles sont Santo et Mallicolo et les huit plus grandes représentent 87% de la superficie des terres immergées.

1.1.2. Climat

Le climat du Vanuatu est de type subtropical caractérisé par une saison chaude et humide de novembre à avril et une période plus fraîche et sèche de mai à octobre. La température reste relativement homogène tout au long de l'année. Le mois le plus chaud (février) affiche des températures moyennes de 27°C et le plus froid (août) de 23°C, à Port-Vila (Efaté).

Parler de pluviométrie moyenne a peu de sens du fait du caractère très hétérogène de la répartition des précipitations. Si les îles de la pointe Nord reçoivent annuellement 4 000 mm, l'île de Tanna, au Sud, se contente de 1 500 mm. Les vents dominants venant du sud-est expliquent ce gradient sud-nord de la pluviométrie mais également de l'humidité et de la chaleur.

Enfin, le Vanuatu se situe dans zone de convergence du sud du Pacifique, qui affecte le régime des pluies notamment pendant les épisodes El Niño et La Niña. L'été est la période des cyclones. Sur une année, le Vanuatu est touché par deux à trois cyclones. Sur une décennie, on considère que trois à cinq d'entre eux causent des dommages sérieux.

1.1.3. Géologie et relief

Le Vanuatu est un archipel d'îles volcaniques dont la genèse provient de la subduction de la plaque indo-australienne sous le bassin Nord-fidjien. L'émergence des îles commence à la fin du tertiaire, à l'ouest de la dorsale des Nouvelles-Hébrides, avec Santo et Mallicolo. Cette genèse se poursuit jusqu'au quaternaire avec l'apparition de deux autres dorsales et de l'activité volcanique y résultant. Les roches volcaniques qui composent majoritairement le sous-sol donnent, par leur décomposition rapide, une terre très fertile, les andosols (Quantin, 1985). Outre ce substrat volcanique, on trouve également des roches calcaires et des roches issues de la sédimentation alluviale.

Le relief culmine à 1 879 m sur l'île de Santo avec le mont Tabwémassana. De nombreux volcans de type strombolien, tels que Benbow et Maroum (sur l'île Ambrym) et le Mont Yasour (Tanna), sont encore aujourd'hui en activité. Les cendres projetées lors des éruptions rajeunissent régulièrement les sols et participent à leur bonne fertilité.

⁴ Deux orthographes sont envisageables en français pour Vanuatu. Pour plus d'information, lire Siméoni (2009).

Le Vanuatu peut ainsi être qualifié de zone instable, tant d'un point de vue climatique que tectonique. Les habitants doivent composer dans l'incertitude, avec des événements ponctuels à fort potentiel destructeur – les cyclones, les tremblements de terre, voire même le volcanisme – avec des événements cycliques de sécheresse et de fortes pluies – épisodes El Niño et La Niña et enfin avec une grande vulnérabilité socio-économique.

1.2. Conditions socio-économiques

1.2.1. Histoire récente

Les premiers découvreurs du Vanuatu étaient des européens en quête du continent austral : l'espagnol Pedro Fernandez de Quiros entre en 1606 dans la grande baie d'Espiritu Santo et le français Louis Antoine de Bougainville en 1768 pour les îles de Méré-Lava, Maéwo, Pentecôte et Ambaé. Il faudra attendre 1774 pour que le britannique James Cook explore l'ensemble de l'archipel et le baptise du nom de Nouvelles-Hébrides.

Au début du XIX^{ème} siècle émergea un intérêt commercial avec l'exploitation du bois de santal (jusqu'à épuisement des ressources) puis avec le trafic de main d'œuvre vers l'Australie, les îles Fidji, les Samoa et la Nouvelle-Calédonie. En parallèle, anglais et français multiplient les missions évangélistes, avançant dans la conquête des terres pour aboutir en 1906 dans un climat de lutte d'influence à la création du condominium franco-britannique des Nouvelles-Hébrides.

La colonisation agricole de l'époque du condominium reste un échec global, notamment du fait de la crise économique de 1930. Les plantations de maïs, coton, café et cacao cèdent rapidement la place à la monoculture de cocotiers. Après la seconde guerre mondiale et le retrait des troupes américaines du territoire des Nouvelles-Hébrides (qui accueillait des bases aéronavales), la remise en cause de l'ordre colonial s'intensifie. Des mouvements politiques s'organisent entre volonté nationaliste et régime fédéral pour aboutir le 30 juillet 1980 à l'indépendance des Nouvelles-Hébrides, rebaptisées Vanuatu.

1.2.2. Démographie

Sur les 83 îles de l'archipel, 65 sont habitées. La province la plus peuplée (en nombre et en densité) est Shefa, avec son île principale Efaté qui accueille la capitale Port-Vila. En 40 ans, la population au Vanuatu a quasiment doublée, pour atteindre en 2009, 234 023 habitants. Sur les dix dernières années, le taux de croissance annuel était de 2,3%. Cette augmentation est plus forte dans les villes (+3,5%) que dans les zones rurales (+2,1%). Les provinces qui connaissent la plus forte croissance démographique sont Shefa, Sanma et Malampa.

La population se caractérise par son caractère majoritairement rural (76% des habitants). L'âge médian est légèrement inférieur à 20 ans et l'espérance est de 70 ans.

1.2.3. Situation économique

Le Vanuatu fait partie des pays les moins avancés d'après les critères des Nations-Unies. La croissance du PIB en 2007 avoisinait les 7%, portées par les secteurs de la construction, de l'hôtellerie et du tourisme, des transports et des télécommunications et du commerce au détail. En 2009, le revenu national brut par habitant était de \$US 2 620. Le taux de chômage est très faible. S'il atteint 6,6% dans les villes, il tombe à 0,6% en zone rurale (en 1999). La grande majorité des revenus des ménages est tirée de la vente d'artisanat, des produits de la pêche ou des cultures. La deuxième source de revenus provient des emplois salariés.

La balance commerciale est largement déficitaire, les exportations ne recouvrant qu'un tiers des importations. Le pays se fournit principalement auprès de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande en

nourriture, boissons, biens de consommations et matériaux d'industries. L'agriculture représentait 73% des exportations en 2007 grâce à la vente de coprah, de viande de bœuf, de kava, de cacao et de bois. Malgré le développement du tourisme et l'urbanisation en cours, le pays demeure principalement rural et agricole. L'agriculture occupe une place importante dans l'économie, ainsi que dans le quotidien des ménages.

1.3. L'agriculture itinérante au Vanuatu

Les systèmes de culture du Vanuatu se composent de deux éléments principaux : les plantations pérennes de rente, à base de cocotier, cacao ou café principalement, et l'agriculture itinérante, qui est l'objet d'étude de ce travail.

L'agriculture itinérante pratiquée au Vanuatu associe arboriculture et végéculture dans le temps, et souvent dans l'espace, dans une même parcelle. La phase de culture d'une parcelle commence par un abattis-brûlis afin de la nettoyer des adventices et des arbres considérés comme gênant par l'agriculteur, suivi de la plantation de la tête d'assolement et des cultures associées. La phase de culture dure entre deux et trois ans. La végétation spontanée (adventice et ligneuse) reconquiert dès la deuxième année la parcelle, jusqu'à la mise en jachère définitive, la troisième année en général. La durée de jachère varie considérablement, entre un an et plus de 30 pour certaines parcelles.

L'agriculture itinérante a un rôle culturel majeur pour les services qu'elle rend à la redéfinition permanente et au maintien de la coutume et donc sa contribution aux activités coutumières. Au Vanuatu, la diversité culturelle s'exprime à travers diverses pratiques, rituels et cérémonies coutumières qui se déroulaient avant la colonisation et qui existent toujours bien que sans doute largement modifiées. Ces activités coutumières qui réaffirment le lien avec le passé incluent notamment les mariages, les cérémonies de deuil, les élections, nominations ou auto-proclamations de chefs, etc., cérémonies durant lesquelles les membres de la communauté sacrifient des cochons et font des offrandes. Ces dernières se composent d'espèces dites « coutumières » pour la communauté : le taro et le kava ou l'igname et le kava. Une distinction s'opère donc dans les cérémonies coutumières entre les gens de l'igname et les gens du taro (Bonnemaison, 1986). Cette distinction se retrouve dans les parcelles : la tête d'assolement se compose d'ignames ou de taros dans les abattis dits « coutumiers ».

Aujourd'hui, les abattis « coutumiers » ne sont pas les seuls composants du système agricole du Vanuatu. Les cultures introduites récemment, telles que le manioc, le cocotier, la patate douce ou l'arachide occupent désormais une place importante dans le système de culture actuel (Caillon, 2005). Ces nouvelles cultures sont plantées soit en association dans les abattis coutumiers, soit dans des abattis spécifiques. Elles n'ont pas de fonction culturelle particulière ; elles assurent une fonction alimentaire ou monétaire complémentaire aux plantations pérennes de rente.

2. Les sites d'études

2.1. Sélection des sites

Six villages, chacun situé sur une île différente, ont été sélectionnés par les chercheurs de la tâche 1 du projet Végé-Culture (voir Figure 4). Par stratification des données pluviométriques, pédologiques et des densités de populations, une cartographie des différents types d'environnement a pu être établie (Siméoni et Lebot, 2011). Elle définit quatre zones où s'exercent diverses pressions sur les ressources naturelles, en fonction de la disponibilité en terres arables par habitant, à l'échelle des îles. Parmi ces quatre zones, deux seulement ont été retenues : la zone de faibles pressions et la zone de fortes pressions. Enfin, trois villages par zone, soit un total de six villages ont été choisis, pour des raisons essentiellement logistiques. Les villages de Avunaleleo (île de Malo), Pessena (Santo) et Brenwe (Malikula) se situent en zone de faibles

pressions anthropiques. Ceux de Lolossori (Ambae), Lamlu (Tanna) et Tansip (Pentecôte) sont en zone de fortes pressions.

2.2. Sélection des ménages

Seuls les agriculteurs volontaires ont participé à cette étude. Des réunions dans chaque village permettaient d'expliquer les raisons de notre venue, nos objectifs et nos besoins. Si la tenue d'une réunion n'était pas possible (habitat trop dispersé, agriculteurs trop occupés), un assistant du Service de l'Agriculture nous aidait à composer une liste d'agriculteurs (Tableau 4).

Tableau 4 : Caractéristiques des ménages sélectionnés dans chaque village.

Îles	Villages	Nombre de ménages	Nombre de lignages	Âge moyen	Taille du foyer	Période d'enquête
Malo	Avunaleleo	8	7	47	5,4	3 – 14/04/2011
Santo	Pessena	14	7	36	3	5 – 13/05/2011
Malekula	Brenwe	13	10	39	5,9	24/05 – 1/06/2011
Ambae	Lolossori	11	5	35	3,9	16 – 22/06/2011
Tanna	Lamlu	12	8	39	5,1	5 – 15/07/2011
Pentecost	Metaruk	10	7	43	4,9	25/07 – 3/08/2011
Total	-	68	43	39	4,6	-

2.3. Sélection des parcelles

Préalablement aux inventaires, une enquête avec l'agriculteur permettait de sélectionner les parcelles sur lesquelles nous travaillions. Cette sélection se faisait en tenant compte de deux objectifs : rendre compte (1) de la diversité au sein d'une chronoséquence de culture itinérante et (2) de la diversité des parcelles. Des contraintes logistiques, telles que la distance entre certaines parcelles et le village, conditionnait la sélection. Sur l'ensemble des six villages, 297 parcelles ont été inventoriées (Tableau 5), pour une surface globale de 15,6 ha.

Tableau 5 : Nombre de parcelles sélectionnées dans chaque village en fonction de l'âge

Classe d'âge (années)	1	2	3	4	5 et plus	Total	Surface concernée (ha)
Intervalle (mois)	[0;12[[12;24[[24;36[[36;48[[48;+∞[
Avunaleleo	8	9	8	7	6	38	1,54
Pessena	23	9	2	1	12	47	3,47
Brenwe	13	17	15	11	5	61	3,06
Lolossori	15	10	6	8	8	47	2,81
Lamlu	24	13	9	9	2	57	3,13
Metaruk	19	13	11	3	1	47	1,64
Total	102	71	51	39	34	297	15,64

3. Protocole

3.1. Modèle d'agrobiodiversité

La définition retenue de l'AGB a été complétée par un modèle (Figure 5) basé sur l'origine des espèces et/ou variétés observées dans les parcelles :

1. L'AGB plantée comprend les pieds qui ont été plantés ou semés après la dernière opération d'abattis-brûlis. Ces pieds ont soit vocation à fournir un produit récolté (un légume, un fruit, etc.), soit à jouer un rôle particulier au sein de la parcelle ;
2. L'AGB épargnée contient les pieds qui étaient présents dans la jachère avant son nettoyage mais que l'agriculteur a épargnés, pour une raison quelconque. Parmi ceux-ci, on distingue les pieds plantés par le passé des spontanés ;

3. L'AGB spontanée contient les pieds qui sont apparus dans la parcelle après la phase de nettoyage et sans intervention particulière de l'agriculteur. Sont inclus dans cette catégorie tous les échappés de culture de parcelles voisines ou de cycles de culture passés ainsi que les pieds spontanés que l'agriculteur protège volontairement depuis qu'ils ont commencé à se développer.

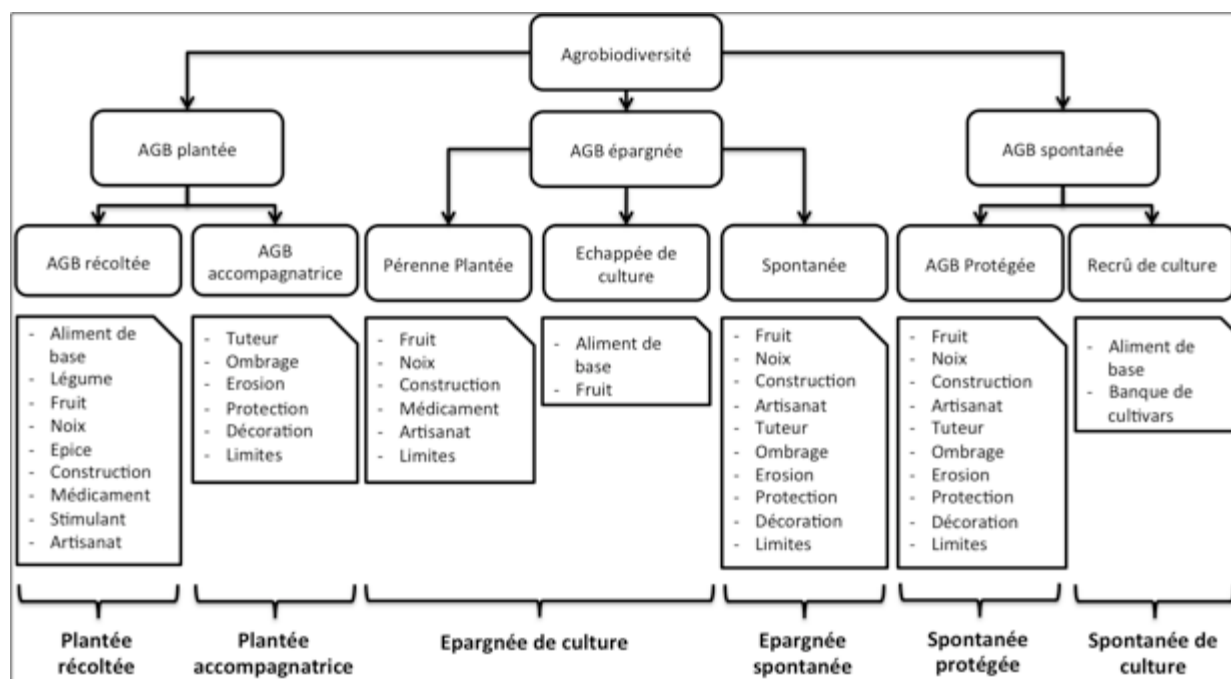


Figure 5 : Modèle des parcelles en fonction de l'origine et de la fonction des tiges qui s'y trouvent.

Ce modèle définit six catégories (« Plantée récoltée », « Plantée accompagnatrice », etc.), utilisées lors des inventaires.

3.2. Données récoltées

3.2.1. Enquête auprès de l'agriculteur

Une fois dans la parcelle, une enquête auprès de l'agriculteur permettait de renseigner l'année et le mois d'ouverture de la parcelle, la durée de la période de jachère ayant précédée, les principales cultures plantées ainsi que celles récoltées. Cette enquête s'est avérée être plus efficace dans la parcelle qu'au village.

3.2.2. Surface des parcelles

L'estimation de la surface des parcelles se faisait à l'aide d'un GPS de randonnée de type Garmin® GPSmap 62s. L'appareil était mis en marche en début de journée et éteint le soir pour bénéficier d'un maximum de précision. L'agriculteur précédait l'opérateur pour faire le tour de sa parcelle, lui seul étant à même d'en connaître les limites exactes, en particulier dans de vieux abattis. Le GPS était configuré pour acquérir un point par seconde, ce qui lui permettait de générer un tracé continu et de calculer directement la surface de la parcelle. L'accès immédiat à la surface permettait de juger du bon fonctionnement du GPS. Dans certaines conditions (bas de vallée, versant à forte pente) il s'est avéré que la précision du positionnement n'était pas suffisante à une bonne estimation des surfaces. L'acquisition de la position (moyennée) de points stratégiques autour de la parcelle était alors réalisée. La surface était alors calculée de retour du terrain à l'aide du logiciel de traitement SIG MapInfo.

3.2.3. Inventaires

La parcelle était parcourue dans sa globalité pour un aperçu de l'AGB présente. Compte-tenu de la définition retenue de l'AGB, la participation de l'agriculteur était également indispensable pour un inventaire précis. Au niveau de l'espèce, l'inventaire nous permettait de renseigner :

1. le nombre d'espèces présentes sur la parcelle (S) ;
2. le nombre de pieds présents pour chaque espèce i (n_i).

Pour les quatre espèces les plus importantes, taro (*Colocasia esculenta*), grande igname (*Dioscorea alata*) et kava (*Piper methysticum*), et le bananier (*Musa* sp.), l'agriculteur était sollicité pour le nombre de variétés⁵. Comme le notent Fraser et al. (2011), la formulation de la question influence la réponse fournie par l'agriculteur. Nous demandions donc « Combien de variétés sont présentes dans cette parcelle » plutôt que « Combien de variétés y avez-vous planté ».

Enfin, chaque pied était classé dans une des catégories du modèle d'AGB (Figure 5). Dans certains cas et dans une même parcelle, différents pieds d'une même espèce peuvent appartenir à des catégories différentes. Par exemple, une parcelle peut accueillir deux citronniers, l'un planté au cours d'un cycle de culture antérieur, l'autre pendant le cycle actuel. A l'inverse, dans d'autres cas, distinguer les catégories au sein d'une même espèce était difficile. Distinguer par exemple les pieds de taro plantés de ceux spontanés demanderait un temps considérable et la participation intensive de l'agriculteur. A défaut, l'ensemble des pieds de cette espèce était classé dans la catégorie incluant la majorité des pieds de cette espèce.

3.3. Traitement des données

3.3.1. Les indices classiques de biodiversité

Les parcelles ont été caractérisées par les indices classiques de biodiversité :

- Richesse spécifique : H_r ;
- Shannon-Wiener : H_S ;
- Gini-Simpson : H_{G-S} ;
- Indice de richesse de Gleason :

$$L = \frac{H_r}{\ln(N)}$$

où S est le nombre d'espèces total dans la parcelle et N son abondance totale (ou le nombre de pieds).

- Indice de régularité de Pielou :

$$E = \frac{H_S}{\ln(S)}$$

La richesse au niveau variétal a été appréhendée par deux indices. D'une part, le nombre de morphotypes dans une parcelle, défini par :

$$N_{morph} = morph_{Bananiers} + morph_{Kava} + morph_{Ignames} + morph_{Taros}$$

où $morph_i$ est le nombre de morphotypes de l'espèce i inventoriés dans la parcelle. D'autre part, un indice de richesse intraspécifique donné par :

$$H_V = V - 1$$

où V est le nombre de variétés identifiées dans la parcelle, tel que :

$$V = \sum_{i=1}^S v_i$$

⁵ Les espèces choisies pour la diversité variétales correspondent à celles étudiées par Henri Vandenbroucke, doctorant en génétique, qui compare la diversité intraspécifique à dire d'acteurs avec la génétique moléculaire.

avec v_i , le nombre de variétés à dire d'acteurs pour l'espèce i .

Dans la pratique, l'inventaire variétal a porté sur quatre espèces seulement (voir PARTIE II.3.2.3). Pour toutes les autres espèces, le nombre de variétés est fixé à un (soit $v_i = 1$), même si les agriculteurs sont en mesure d'en identifier plusieurs.

3.3.2. L'indice AGB

Un indice AGB a été élaboré en suivant la méthodologie suivante: (1) l'identification des composantes structurantes de l'AGB; (2) la recherche d'un modèle mathématique donnant un poids adéquat à chacune de ces composantes ; et (3) la réalisation de tests afin de comprendre les sensibilités de l'indice. Sa formule est donnée par :

$$H_{AGB} = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log \left(\frac{p_i}{\sqrt{v_i}} \right)$$

avec :

S , le nombre de taxons présents sur la parcelle ;

p_i , la part représentée par le taxon i dans l'abondance totale de la parcelle ; et

v_i , le nombre de morphotypes identifié pour le taxon i .

L'indice AGB correspond à un indice de Shannon-Wiener modifié qui prend en compte la richesse variétale. Dans le cas où le nombre de morphotypes pour tous les taxons est de un, on retrouve la formule de Shannon-Wiener. La diversité donnée par l'indice d'AGB est nulle pour une unité composée d'un seul taxon et d'une seule variété. Pour une unité composée d'un seul taxon mais de différentes variétés (cas observé dans certaines taroitières), l'indice AGB n'est pas nul. Dans la formule, le nombre de variétés au dénominateur permet de diminuer la valeur (négative) du logarithme. Ainsi, le score attribué à un taxon présentant de nombreux morphotypes augmente. Dans les parcelles du Vanuatu, les taxons dont la diversité variétale est élevée sont souvent ceux les plus abondants (taro, igname et kava), et sont faiblement notés par l'indice de Shannon classique : il attribue une faible note de diversité à des unités fortement dominées par un ou deux taxons, traduisant ainsi leur faible régularité. L'indice AGB permet de pondérer cette dominance taxonomique par la diversité variétale, sans toutefois s'intéresser à la régularité au niveau des variétés (l'abondance pour chaque variété n'est en effet pas considérée par l'indice). Des taxons très dominants mais très diversifiés voient donc une meilleure note avec l'indice AGB.

3.3.3. Analyse des données

Les analyses des données ont été menées à l'aide des logiciels Microsoft Office Excel 2011 et R (Hornick, 2011). Les comparaisons de moyennes ont été réalisées en utilisant le test t de Student dans le cas où la taille ou la normalité des données le permettait, ou, à défaut, le test de Wilcoxon. L'étude de la variabilité des parcelles s'est basée sur des classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) utilisant des distances euclidiennes et la méthode de Ward, et des analyses en composantes principales (ACP) sur la covariance entre variables.

PARTIE III. Résultats

L'AGB des parcelles a été étudié selon différents angles : la composition en espèces, la structure physique et enfin à travers la gestion qu'y appliquent les agriculteurs. Chacune de ces composantes permet d'expliquer une partie de la variabilité de l'AGB entre les parcelles.

1. Variabilité des parcelles et de leur agrobiodiversité

1.1. Composition des parcelles

1.1.1. Echelle des villages

Sur l'ensemble des six villages et des 297 parcelles observées, 127 taxons ont été inventoriés (Annexe 1). Cent onze taxons ont été identifiés au niveau de l'espèce, 14 au niveau du genre et deux n'ont pas été identifiés. L'évolution du nombre de taxons observés en fonction du nombre de parcelles échantillonnées tend vers un plateau, ce qui montre que nous avons une bonne estimation de la richesse totale pour chaque village (Figure 6). Le nombre de taxons varie en fonction des villages. La moyenne pour un village est de 64,17 taxons (écart-type de 7,03), avec un minimum de 55 à Lamlu sur l'île de Tanna et un maximum de 73 à Lolossori sur l'île d'Ambae. Les taxons plantés participent en moyenne à 77% de la richesse spécifique des villages. Ce taux est minimal à Lolossori avec 69% et maximal à Brenwe avec 89%. Il n'y a pas de différence significative de richesse spécifique des villages en fonction de leur localisation en zone de faibles ou fortes pressions anthropiques (test de Wilcoxon, $p=0,7$).

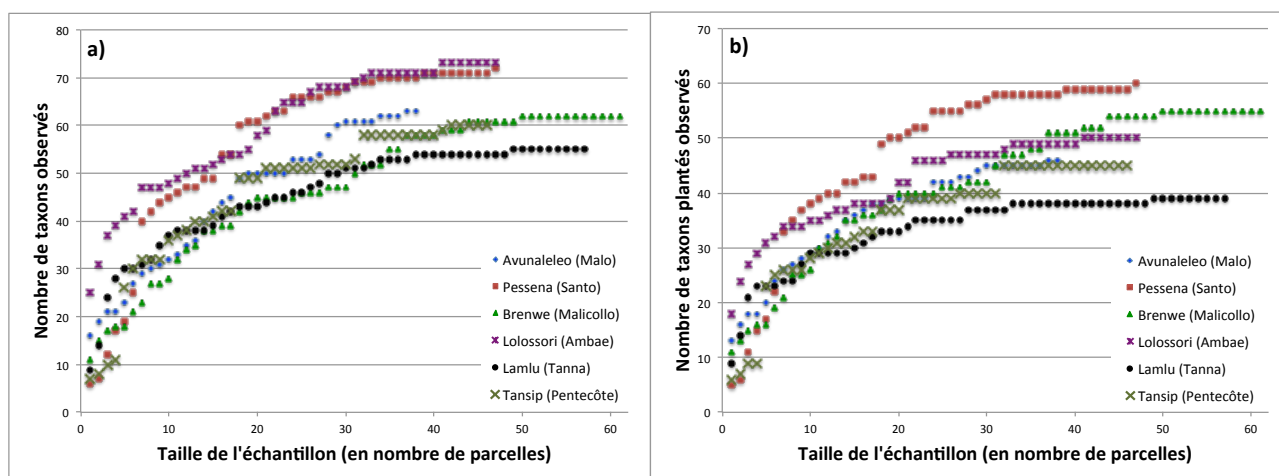


Figure 6 : Courbes de richesse spécifique cumulée par village en fonction du nombre de parcelles échantillonnées : a) pour l'ensemble des taxons et b) pour les taxons plantés seulement.

Sept taxons, qualifiés de fréquents, sont présents dans 50% des parcelles ou plus : le bananier, le kava, le manioc (*Manihot esculenta*), le taro, le chou des îles (*Abelmoschus manihot*), le macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) et le papayer (*Carica papaya*). A l'inverse, les 84 taxons qualifiés de rares sont présents dans strictement moins de cinq pour cent des parcelles, parmi lesquels 36 taxons très rares se trouvent dans strictement moins d'un pour cent des parcelles. Les trois plus abondants, c'est-à-dire ceux qui comptent le plus de pieds, sont le taro, l'arachide (*Arachis hypogaea*) et le kava (Figure 7).

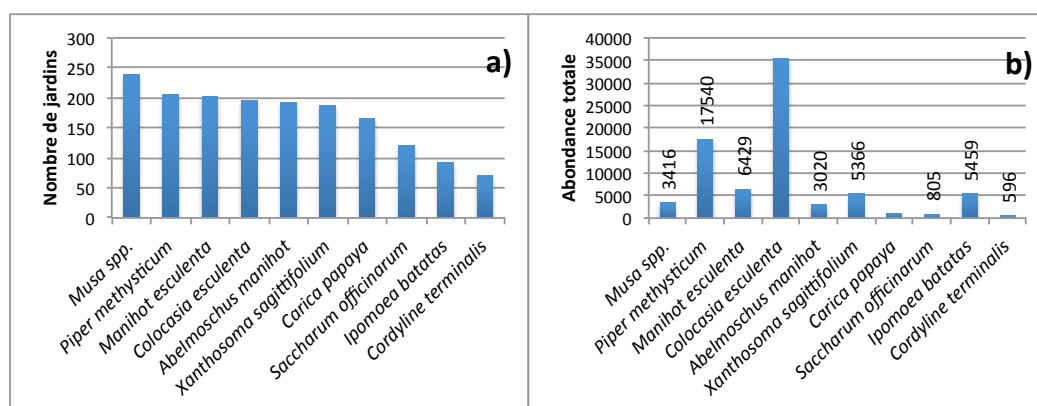


Figure 7 : Histogrammes de distribution des 10 taxons les plus fréquents au sein des parcelles ; a) Nombre de parcelles dans lesquelles le taxon a été observé et b) abondance totale par taxon.

Ces données d'abondances et de fréquences varient entre les villages (Tableau 6). Elles permettent de distinguer deux situations agroécologiques : les villages à taro d'une part (Pessena, Lolossori, Lamlu et Tansip) ; les villages à igname d'autre part (Avunaleleo et Brenwe). Pour ces derniers, les ignames (*Dioscorea* spp.) ne font cependant pas partie des trois taxons les plus fréquents ou les plus abondants. Ceci est dû à l'échantillonnage dans des parcelles d'âges différents.

Tableau 6 : Les trois taxons les plus fréquents et abondants selon les villages

Villages (îles)	Taxons les plus fréquents	Taxons les plus abondants
Avunaleleo (Malo)	Macabo, bananier et papayer	Arachide, macabo et chou des îles
Pessena (Santo)	Taro, chou des îles et canne à sucre	Kava, taro et chou des îles
Brenwe (Mallicolo)	Bananier, macabo et papayer	Arachide, macabo et bananier
Lolossori (Ambae)	Manioc, taro et bananier	Taro, kava et manioc
Lamlu (Tanna)	Kava, macabo et taro	Taro, patate douce et chou chinois
Tansip (Pentecôte)	Banane, kava et taro	Taro, manioc et kava

1.1.2. Echelle des parcelles

Une parcelle compte en moyenne 10,21 taxons, avec un écart-type de 4,85. Une classification ascendante hiérarchique (notée CAH1) réalisée à partir de la matrice de composition/abondance par parcelle identifie un groupe de huit parcelles qui se distingue fortement des autres (voir ci-dessous).

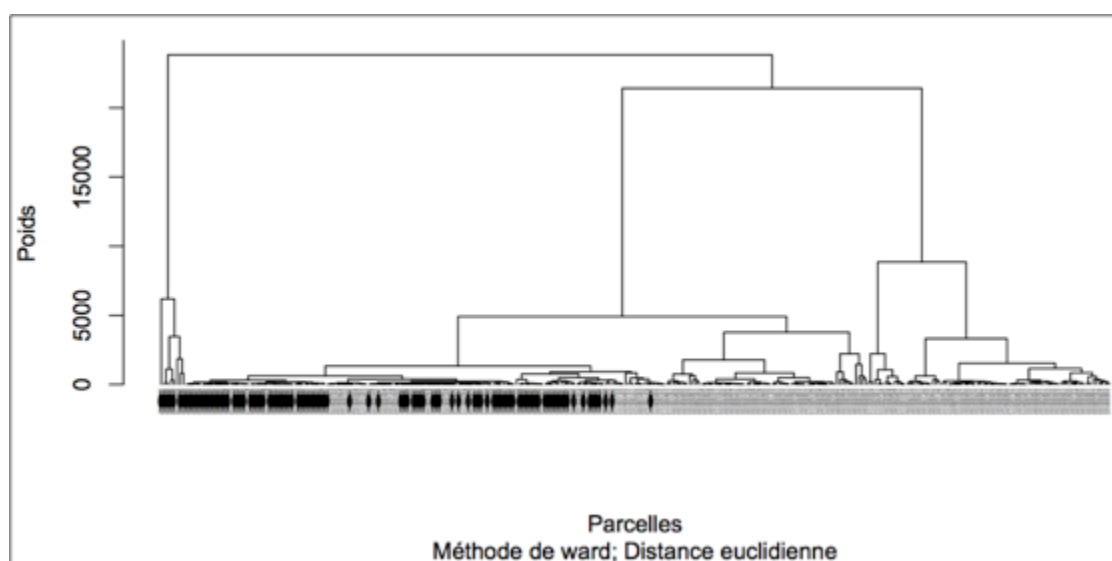


Figure 8 : Arbre hiérarchique associé à CAH1. Parcelles des villages à ignames en noir ; parcelles des villages à taros en gris. La CAH1 utilise la méthode de ward et une matrice de distances euclidiennes.

Le groupe de huit parcelles est dominé par l'arachide, dont l'abondance relative moyenne est de 88% (écart-type de 13%). En outre, la CAH1 semble distinguer les parcelles des villages à ignames et à taros (Figure 8). La composition/abondance en taxons ne permet cependant pas de préciser cette tendance.

La composition en taxons des parcelles permet donc d'identifier un premier type de parcelles : les parcelles d'arachides. Néanmoins, elle explique peu la variabilité observée au sein des 289 parcelles restantes. L'AGB de ces parcelles a donc été ensuite étudié sous un angle structural.

1.2. Structure et fonctionnalité des parcelles

1.2.1. Structure des parcelles

La structure des parcelles est décrite à travers leur richesse spécifique, leur surface, le nombre de morphotypes et l'abondance totale. La variabilité de ces indicateurs est très grande entre les parcelles (Figure 9). Par exemple, la valeur moyenne de la surface est de 321 m², avec un maximum de 4 500 m² et un minimum de 13 m².

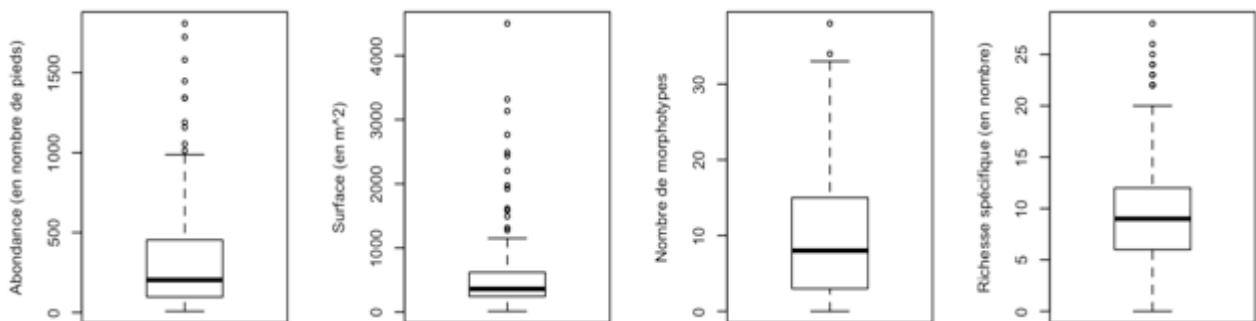


Figure 9 : Boîtes de dispersion de l'abondance, surface, nombre de morphotypes et richesse spécifique des 289 parcelles

Les deux premiers axes de l'ACP réalisée à partir de ces quatre variables structurales (notée ACP1) expliquent 79% de la variabilité (Figure 10).

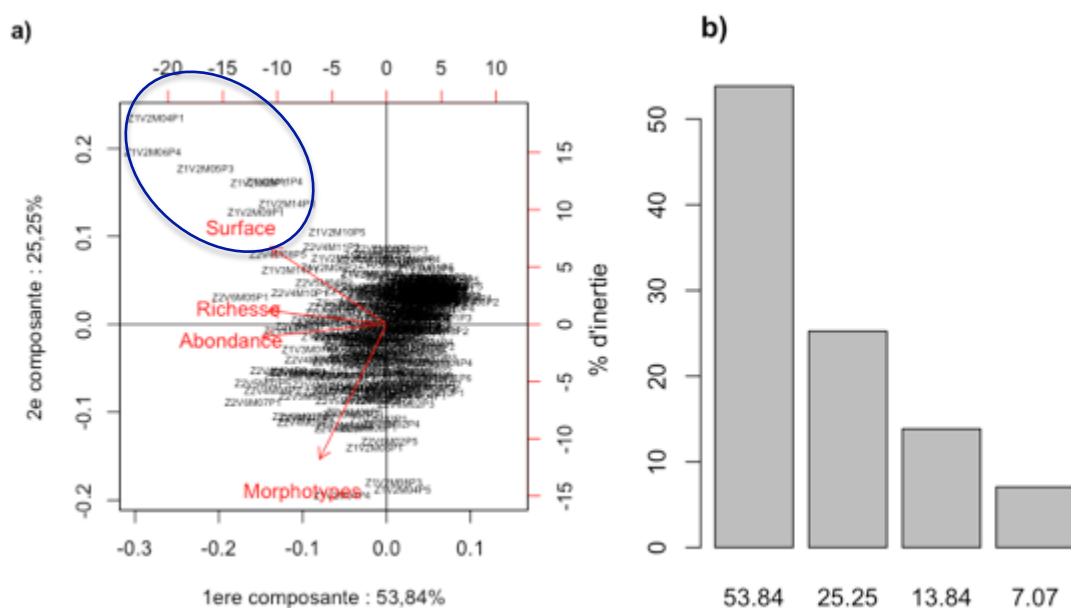


Figure 10 : a) Plan des parcelles (identifiées par un code stipulant le village, ménage et numéro de parcelle) dans les deux composantes de l'ACP1, les flèches rouges représentent le poids des variables sur chaque axe et b) éboulis des valeurs propres associées.

Le premier axe est construit par la richesse, l'abondance et la surface. Le deuxième est tiré quant à lui par le nombre de morphotypes. La corrélation entre l'abondance et la surface est de 0,57 (coefficient de Pearson) ; celle entre la richesse spécifique et la surface est de 0,54. Donc plus la parcelle est grande, plus elle contient d'espèces et de pieds. Ainsi, en enlevant la surface des variables de l'ACP, les deux premiers axes permettent d'expliquer 82% de la variabilité. La surface ne fournit donc pas d'information supplémentaire sur la variabilité des parcelles, richesse spécifique et abondance totale suffisent.

Un groupe de sept parcelles (entourées sur la Figure 10) se détache du bloc central. Ces sept parcelles ont une surface moyenne de 3004 m² avec un écart-type de 889, à comparer avec la moyenne de 321 m² pour l'ensemble des parcelles. Ces grandes parcelles correspondent à des plantations pérennes de kava. Elles se distinguent des autres parcelles par leur surface, mais également par leur mode de gestion. Les variables de structure n'expliquent pas cependant la variabilité au sein des 282 autres parcelles, regroupées dans le plan de l'ACP1. Ces dernières se distinguent par d'autres composantes de l'AGB.

1.2.2. Gestion et fonctionnalité des parcelles

A une même structure des parcelles peut correspondre une gestion différenciée de l'AGB : chaque pied peut être classé, selon son origine, dans une catégorie du modèle d'AGB : planté, épargné ou spontané. D'une part, l'origine d'un pied peut conditionner les usages qu'en a l'agriculteur, autrement dit sa fonction. D'autre part, les catégories traduisent des pratiques de gestion de la diversité : elles distinguent par exemple la diversité plantée par l'homme, de celle spontanée et simplement entretenue.

Quatre-vingt quatorze taxons sur les 127 taxons recensés, soit 74%, sont plantés par les agriculteurs et 26% sont toujours spontanés. En terme de nombre de pieds néanmoins, la majorité (plus de 88%) est plantée (Figure 11). Mais ces chiffres globaux masquent une grande variabilité entre les parcelles (Figure 12). Dans certaines parcelles, la catégorie « plantée récoltée » est très dominante en abondance et richesse ; dans d'autres, cette dominance est moins marquée.

Communément dans la littérature, la fonctionnalité de l'AGB est appréhendée par les usages qu'en font les agriculteurs. Ici, seule la fonctionnalité coutumière des parcelles a été considérée, *via* leur abondance relative en espèces coutumières (taro, igname et kava). En moyenne, cette abondance est de 0,48, avec un écart-type de 0,35 qui traduit une forte variabilité de la fonction coutumière des parcelles.

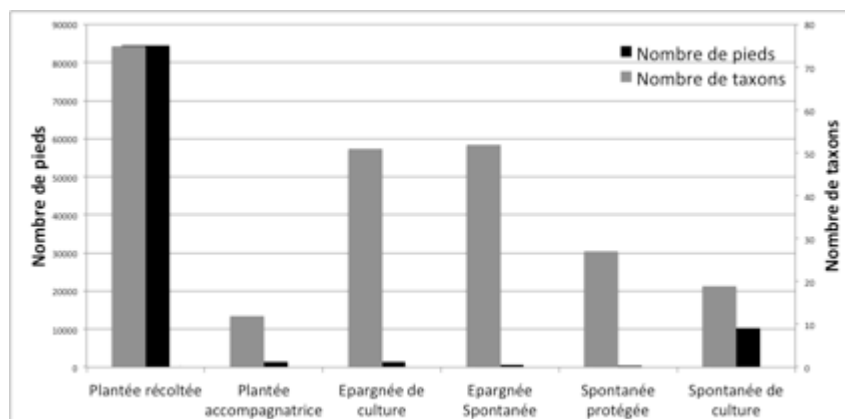


Figure 11 : Nombre de taxons (bleu) et de pieds (rouge) selon chaque catégorie de l'AGB.

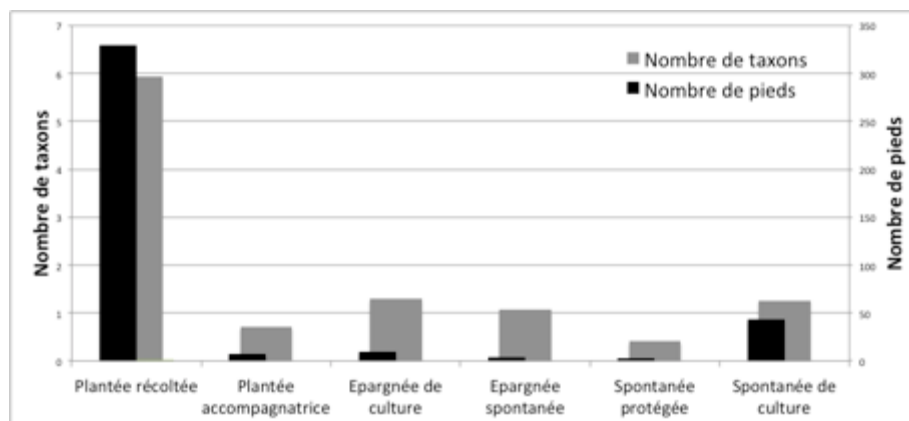


Figure 12 : Nombre de taxa (gris) et nombre de pieds (noir) selon chaque catégorie dans la parcelle moyenne (définie à partir des valeurs moyennes sur les 297 parcelles).

1.2.3. Structure, fonction et variabilité

Une deuxième ACP (ACP2) a été réalisée à partir des 282 parcelles restantes. Elle intègre (1) la composante structurale à travers la richesse spécifique et le nombre de morphotypes ; (2) la composante fonctionnelle avec les abondances relatives en pieds plantés et en pieds spontanés⁶ ; et (3) la composante socio-culturelle *via* l'abondance relative en espèces coutumières (kava, taro et igname).

Les deux premiers axes de l'ACP2 expliquent 71% de la variabilité (Figure 13). Le premier axe de l'ACP2 est structuré par la proportion de pieds plantés dans la parcelle. Cette proportion est fortement corrélée avec celle en pieds spontanés, avec un coefficient de Pearson de -0,89. Il est donc possible de ne conserver qu'une de ces deux variables. Le deuxième axe est porté par le nombre de morphotypes et l'abondance relative en espèces coutumières. Ces deux variables affichent une corrélation de 0,57 qui s'explique en grande partie par leur définition : le nombre de morphotypes n'est en effet renseigné que pour les espèces coutumières et le bananier.

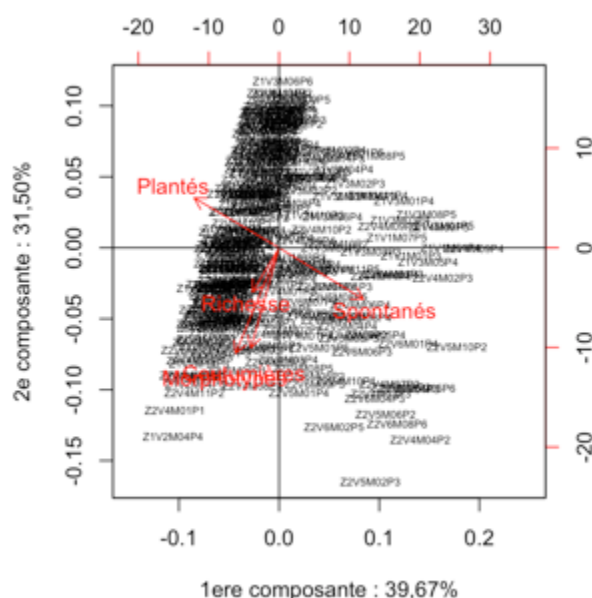


Figure 13 : Représentation simultanée des parcelles (identifiées par un code) et des variables (flèches rouges) dans le plan de l'ACP2.

⁶ La catégorie des pieds épargnés s'est avérée peu explicative de la variabilité entre les parcelles lors d'une première ACP qui l'intégrait. Elle a donc été sortie des variables explicatives pour l'ACP présentée ici.

L'ACP2 distingue les parcelles selon leur tête d'assolement (Figure 14). Les parcelles de taro ont une abondance relative en espèces coutumières plus élevée et sont également plus riches en morphotypes que les parcelles d'igname. La densité de plantation des taros est en effet supérieure à celle des ignames, conduisant à de nombreux pieds et à une plus grande abondance relative en taros.

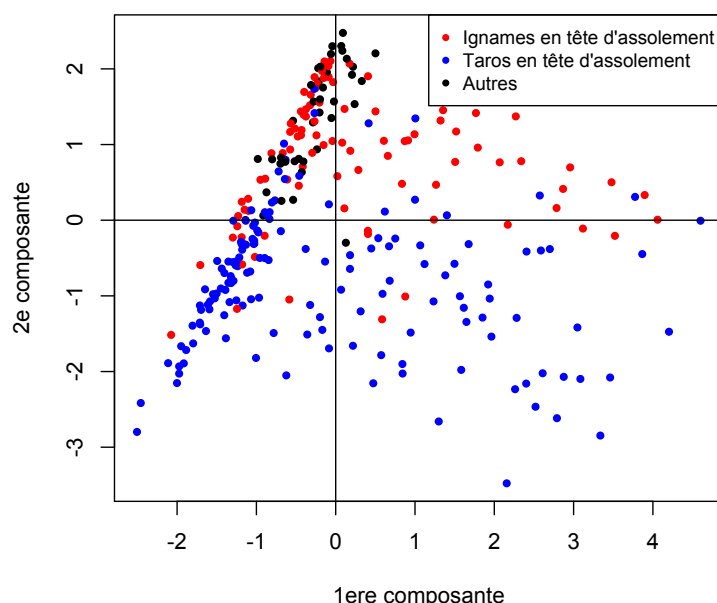


Figure 14 : Position des parcelles dans le plan de l'ACP2 en fonction de leur tête d'assolement : igname en rouge, taro en bleu, et autres têtes d'assolement en noir.

Les parcelles du Vanuatu se distinguent donc à travers : (1) leur composition, qui distingue les parcelles d'arachides ; (2) leur structure, qui identifie les plantations de kava ; et (3) leurs fonctions et pratiques de gestion, qui séparent les parcelles de taro de ceux d'igname. A la lumière de ces résultats, il est possible de dresser une typologie des parcelles.

1.3. Typologie des parcelles

1.3.1. Caractéristiques structurales et fonctionnelles

Les agriculteurs créent des parcelles et leur donnent le nom de la culture dominante. La typologie des parcelles (Tableau 7) a été construite à partir des résultats des ACP, corroborés par les dires d'acteurs et les observations de terrain. Elle définit des catégories de parcelles qui regroupent des types de parcelles. Il est donc possible de mettre en évidence des spécificités entre et au sein des catégories.

Tableau 7 : Classification des types de parcelles et valeurs moyennes et écart-types des richesses spécifiques et variétale, des abondances, des surfaces en m² et des indices de Shannon.

Catégories de parcelles	Types de parcelles	n	Richesse spécifique	Richesse variétale	Abondance	Surface	Shannon
Parcelle coutumière	Tarodière irriguée	18	4,8 ± 3,2	19,7 ± 9,4	288 ± 158	239 ± 154	0,46 ± 0,5
	Parcelle d'igname	93	9,0 ± 4,1	6,3 ± 5,5	160 ± 196	426 ± 279	1,6 ± 0,45
	Parcelle de taro	131	9,8 ± 4,6	13,1 ± 6,4	416 ± 314	507 ± 337	1,17 ± 0,46
Parcelle de soudure	Parcelle de macabo	9	5,2 ± 3,2	2,2 ± 3,7	121 ± 118	273 ± 208	0,77 ± 0,45
Parcelle moderne	Parcelle d'igname dure						
	Parcelle vivrière	25	8,4 ± 4,6	3,4 ± 3,0	324 ± 281	372 ± 249	1,23 ± 0,5
	Plantation de kava	13	14,2 ± 7,9	4,2 ± 2,2	684 ± 475	1924 ± 1342	0,85 ± 0,49
	Parcelle d'arachide	8	10,5 ± 5,8	2,9 ± 2,9	2896 ± 1968	1163 ± 1100	0,45 ± 0,3

Les parcelles coutumières sont similaires en terme de fonction : elles assurent (1) une fonction vivrière avec la production de la principale part amylacée de l'alimentation, et (2) une fonction sociale lors des cérémonies coutumières notamment. Elles se caractérisent par une richesse variétale significativement plus élevée que les celle des deux autres catégories (Wilcoxon, $p < 0,01$ pour les deux tests). Leur richesse spécifique est supérieure à celles des parcelles de soudure ($W=1625$, $p < 0,02$) mais non significativement différente de celle des parcelles modernes ($W=5225$, $p=0,51$). Avec une surface moyenne de 456 m^2 , les parcelles coutumières combinent des diversités spécifique et variétale élevées par rapport aux autres catégories. Il existe néanmoins au sein de cette catégorie un effet type sur les richesses spécifique (ANOVA, $p < 0,01$) et variétale (ANOVA, $p < 0,01$). Les tarodières irriguées ont une richesse spécifique moindre ($p < 0,01$), mais la richesse variétale la plus élevée ($p < 0,01$). Les parcelles d'igname et de taro ne se distinguent pas significativement par leur richesse spécifique ($W=5328$, $p=0,11$) mais par leur richesse variétale ($W=2418$, $p < 0,01$). Il existe enfin une corrélation négative entre ces deux niveaux de richesse (Régression linéaire, $p < 0,01$).

Les parcelles de soudure ont en moyenne une surface inférieure aux coutumières ($W=1516$, $p < 0,05$), ainsi que des richesses spécifiques et variétales moindre. Leur structure et composition d'espèces les rendent néanmoins plus résistantes aux aléas climatiques. En terme de fonction, elles constituent une alternative et un complément alimentaire aux parcelles coutumières en cas de perte de leur production.

Enfin, les parcelles modernes ont une richesse spécifique élevée, comparable à celle des parcelles coutumières. Les parcelles modernes sont cependant plus grandes ($W=4429$, $p < 0,03$). Elles accueillent peu d'espèces coutumières, ce qui explique leur faible richesse variétale. Cependant, leurs cultures (patate douce, manioc, etc.) sont diversifiées au niveau variétal, mais notre étude ne s'est pas intéressée à la diversité variétale de ces espèces. Les parcelles modernes ont une finalité vivrière ou économique, souvent les deux. Le kava est une espèce native du Vanuatu et fait partie intégrante de la coutume, mais le traitement en monoculture de rente tel qu'il est pratiqué dans les plantations et un cycle cultural similaire aux cocoteraies et cacaoyères (Lamanda et al., 2006), est, lui, récent. C'est pourquoi les plantations de kava ont été classées dans la catégorie des parcelles modernes.

Tous les types de parcelles ne se retrouvent pas dans tous les villages. Les agriculteurs de chaque village ont développé une spécialisation dans certains types de parcelle (Tableau 8).

Tableau 8 : Nombre de parcelle observées par type dans les différents villages

Villages	Tarodière irriguée	Parcelle d'igname	Parcelle de taro	Parcelle de soudure	Plantation de kava	Parcelle d'arachide	Parcelle vivrière
Avunaleleo	-	33	-	5	-	-	-
Brenwe	-	54	-	-	-	6	1
Pessena	18	4	-	-	13	-	12
Lolossori	-	-	47	-	-	-	-
Lamlu	-	-	45	3	-	1	8
Metaruk	-	3	39	1	-	-	4
Total	18	94	131	9	13	7	25

1.3.2. Types de parcelles et pratiques de gestion

Il est possible de distinguer trois grands cycles culturaux (Figure 15) : (1) la plantation et l'entretien continu sur plusieurs années de la tête d'assolement dans les plantations de kava et tarodières irriguées ; (2) la mise en œuvre d'une succession culturale pendant quelques années (après la récolte de la tête d'assolement, l'agriculteur plante d'autres espèces) suivie d'une phase de jachère dans les parcelles de taro et d'igname ; et (3) la plantation et l'entretien des cultures durant une seule année avant mise en jachère dans les parcelles de soudure, d'arachide et vivrière.

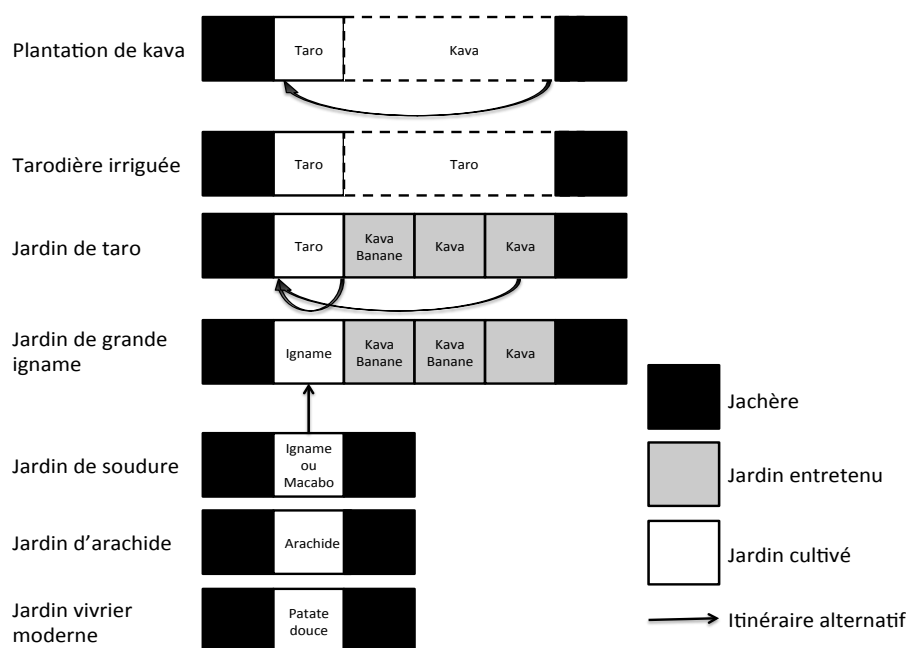


Figure 15 : Schéma de l'évolution temporelle (un carré représente une année) des types de parcelle

Le système agroécologique du Vanuatu se caractérise donc par une diversité de parcelles présentant des AGB différentes en terme de structure et de fonction. A cette diversité spatiale de l'AGB s'ajoute une diversité temporelle. En effet, la gestion des parcelles d'igname et de taro évolue dans le temps, ce qui a un impact notable sur l'AGB, comme nous allons le voir maintenant.

2. Variabilité temporelle de l'AGB

2.1. Dynamique générale

2.1.1. Mise en évidence

Les dynamiques temporelles de l'AGB ont été étudiées pour les parcelles d'igname et de taro, soit 224 parcelles. L'ACP2 permet de mettre en évidence un effet de l'âge sur la position des parcelles dans le plan (Figure 16). Les parcelles de un an, avec certaines parcelles de deux ans se distinguent en effet des autres et se regroupent vers des valeurs positives de la première composante. Par contre, il ne semble n'y avoir aucune tendance pour les autres classes d'âge.

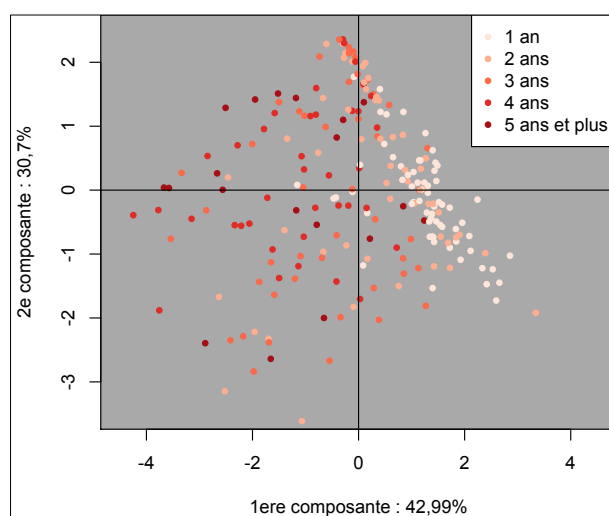


Figure 16 : Parcelles de taro et parcelles d'igname dans le plan de l'ACP2 selon leur âge ; le gradient de couleur représente un gradient d'âge.

Les deux premières années de culture semblent donc se caractériser par une proportion élevée en pieds plantés. Ces résultats peuvent être approfondis en distinguant les parcelles d'igname d'une part, celles de taro d'autre part.

2.1.2. Parcelles d'igname

Dans les parcelles d'ignames, la richesse spécifique et le nombre de morphotypes ont tendance à diminuer dans le temps (Figure 17). Cette tendance est très prononcée entre la première et la deuxième année de culture : les valeurs moyennes des richesses spécifiques et variétales et de l'abondance sont significativement différentes (tests de Wilcoxon, $p < 0,02$). Mais les tests statistiques ne détectent pas de différences significatives pour les classes d'âge suivantes, sur aucune des variables. Seuls les tests entre les classes « 2 ans » et « 5 et plus » sont significatifs. La tendance de diminution de l'AGB se poursuit donc après la deuxième année de culture, mais de façon moins prononcée, ce qui confirme l'impression visuelle donnée par les courbes ci-dessous.

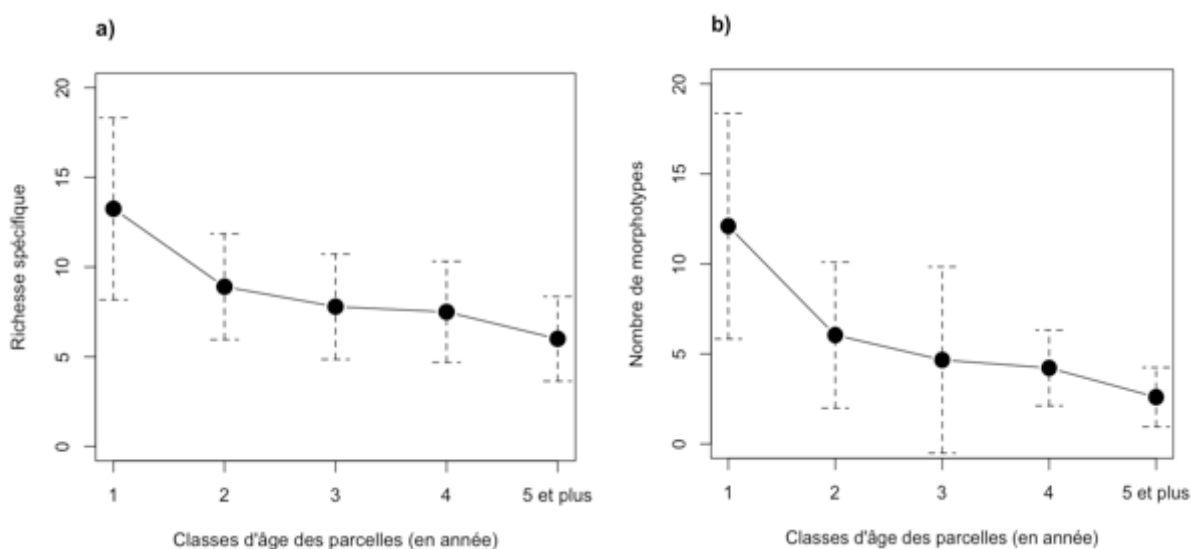


Figure 17 : a) Richesse spécifique moyenne et b) nombre de morphotypes moyen des parcelles d'igname en fonction des classes d'âge (les barres représentent les écart-types)

En parallèle, il n'y a pas d'effet de la classe d'âge sur la surface des parcelles d'igname (ANOVA, $p = 0,81$), ce qui écarte le risque d'un échantillonnage biaisé.

2.1.3. Parcelles de taro

L'AGB des parcelles de taro n'affiche pas les mêmes tendances que celle des parcelles d'igname (Figure 18). Seule la richesse variétale diminue significativement entre la première et la deuxième année ($W = 943$, $p < 0,05$). L'abondance, elle, est significativement différente uniquement entre les classes d'âge deux et quatre. Aucune tendance significative n'est visible pour la richesse spécifique. Ainsi, l'AGB dans les jardins de taro est relativement stable dans le temps. Seule sa composante variétale diminue légèrement entre la première et la deuxième de culture, passant de 16 à 13 morphotypes en moyenne. L'abondance semble décroître également, mais sur le plus long terme. Enfin, il n'y a pas d'effet de la classe d'âge sur la surface des parcelles de taro (ANOVA, $p = 0,38$) : l'échantillonnage n'est pas biaisé.

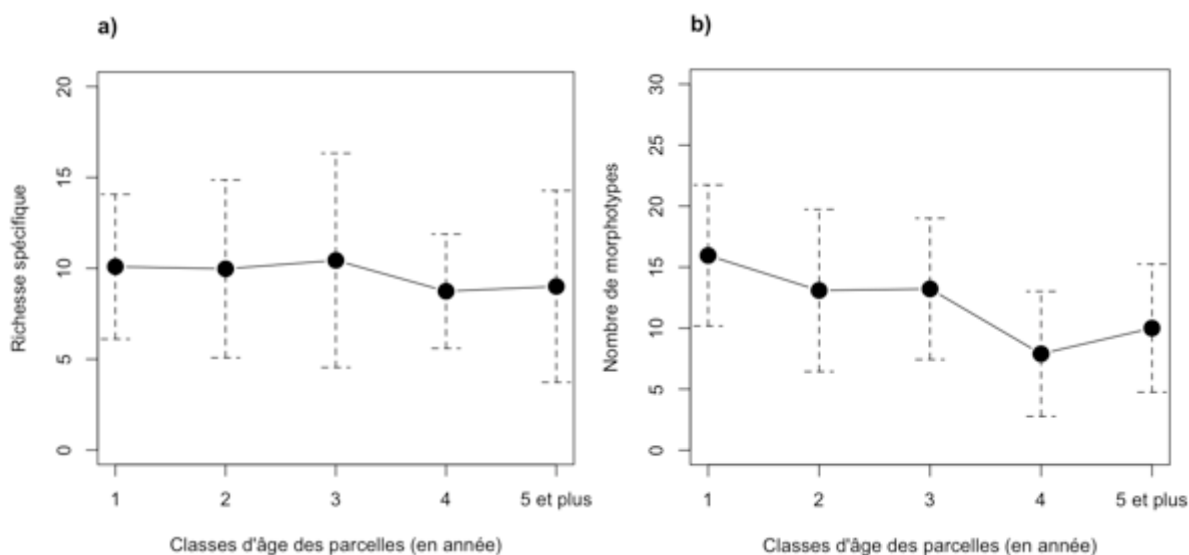


Figure 18 : a) Richesse spécifique moyenne et b) nombre de morphotypes moyen dans les parcelles de taro selon les classes d'âge (les barres représentent les écart-types)

2.2. Variabilité temporelle et pratiques de gestion

Les résultats précédents peuvent être corroborés et enrichis à l'aide des observations des pratiques opérées et des discussions avec les agriculteurs qui ont permis de rassembler des éléments de compréhension du cycle cultural. Ce dernier peut être décomposé en deux phases, avec une variabilité en fonction du type de parcelle.

2.2.1. Phase de culture active

Cette phase commence par l'abattis (puis le brûlis, pour la majorité des cas), suivi de la plantation du taro ou de la grande igname avec des cultures associées (chou des îles, papayer, bananier, etc.). Au fil des mois, à mesure que des cultures associées sont récoltées, d'autres sont plantées. La gestion de la parcelle est intensive avec des opérations de récoltes, plantations et désherbages (trois à quatre dans l'année). Cette première phase prend fin avec la récolte des cormes et tubercules de la tête d'assolement, destinés à l'alimentation et aux offrandes faites à la communauté lors des cérémonies coutumières. Dans le temps, cette phase dure environ neuf mois, en fonction de la durée nécessaire pour la récolte de cormes et tubercules matures.

2.2.2. Phase de jachère exploitée

Suite à la récolte, les agriculteurs plantent des bananiers ou encore du kava, en complément des cultures associées, fruits et légumes déjà présents. Le bananier devient le produit amylicé principal (parfois avec le manioc). L'agriculteur consacre moins de temps à la parcelle : elle n'est plus entretenue sur l'ensemble de sa surface, et aucune plantation supplémentaire n'est réalisée. La parcelle acquiert un statut jachère exploitée. Cette gestion extensive permet une colonisation par les espèces pionnières d'abord, puis, le sous-bois formé, émergent les espèces forestières non pionnières. Il existe des usages pour la plupart de ces espèces spontanées, pour la construction, la pharmacopée, la sparterie etc. Certains des pieds spontanés, appartenant à des espèces prisées, reçoivent une attention particulière de l'agriculteur, qui favorise leur développement. Néanmoins la majorité de cette végétation spontanée n'est pas directement

gérée et constitue la biodiversité associée à la jachère⁷ (voir PARTIE I.1.1). Progressivement, les récoltes diminuent et la parcelle est délaissée jusqu'à devenir une jachère. La mise en jachère définitive a lieu environ deux ans après l'abattis.

Ce cycle général est néanmoins variable selon le type de parcelle et les agriculteurs, qui ont des pratiques de gestion individuelles.

2.2.3. *Parcelles d'igname et parcelles de taro*

Dans les parcelles d'igname, la tête d'assolement se compose de la grande igname, plantée en association avec d'autres cultures (chou des îles, etc.) et du kava dans 50% des parcelles. Après la récolte des grandes ignames, il n'y a jamais de deuxième cycle. Les agriculteurs remplacent les ignames récoltées par des bananiers. Parfois, ils peuvent également y planter du kava (27% des parcelles de deuxième année) et quelques pieds d'autres espèces d'ignames (30% des parcelles). Les travaux de désherbage se font pied par pied au profit des bananiers et de quelques ligneux spontanés. Le kava ne nécessite pas d'entretien particulier. Cet entretien éparé peut durer un à deux ans. La diversité variétale de la parcelle diminue donc fortement après la récolte des grandes ignames ; ceci est d'autant plus vrai dans les parcelles sans kava.

Dans les jardins de taro, le kava est associé aux taros dans 88% des parcelles la première année et y reste sur l'ensemble du cycle (le taux de 88% se maintient les autres années). Parfois, le kava est encore présent dans les jachères jusqu'au nouveau cycle de culture en étant épargné par l'agriculteur au moment de l'abattis. Ces parcelles contiennent alors des kavas du cycle précédent en plus des taros et kavas plantés au début du cycle en cours. D'autre part, dans 27% des parcelles les agriculteurs font un deuxième cycle de taro. L'AGB dans les jardins de taros est donc en moyenne plus stable dans le temps grâce aux possibilités de deuxième cycle de taro et au kava associé.

Donc les deux ou trois premiers mois du cycle de culture, l'AGB augmente avec les plantations des têtes d'assolement et cultures associées. Elle reste globalement stable jusqu'à la récolte des taros ou ignames, puis a tendance à décroître progressivement mais de façon variable selon le type de culture. Cette variabilité temporelle de l'AGB s'ajoute à la variabilité spatiale décrite précédemment. Les indices de diversité mettent-ils en évidence et de façon pertinente cette variabilité spatio-temporelle de l'AGB ?

3. Agrobiodiversité et indices de diversité

Sur les 297 parcelles ont été calculés les indices classiques de diversité ainsi que l'indice AGB. Le coefficient de corrélation entre la richesse spécifique et l'indice de Gleason est de 0,92 et les indices de Pielou, de Simpson et de Shannon affichent des coefficients de corrélation supérieurs à 0,90. Ainsi, les analyses présentées ici se limitent aux indices de Shannon, de richesse spécifique, de richesse variétale et enfin à l'indice AGB. N'ont été considérés pour l'étude de la diversité spatiale que les parcelles de première année, soit 102 parcelles, afin de s'affranchir des variations temporelles de l'AGB. A l'inverse, les dynamiques temporelles se sont limitées aux parcelles d'igname et de taro.

3.1. Diversité spatiale

A l'échelle d'une parcelle, les richesses spécifique et variétale ont une corrélation très faible (Figure 19) avec un R^2 inférieur à 0,07. Ces deux premiers indices, sensibles uniquement à une composante de l'AGB,

⁷ Si la biodiversité associée ne fait pas partie de l'objet de cette étude, il convient de rappeler son rôle primordial pour la phase de jachère, en permettant le retour de la fertilité et garantissant ainsi la durabilité du système d'agriculture itinérante.

donnent donc des résultats très divergents et peu pertinents sur les types de parcelles (voir Tableau 7). Il convient mieux d'utiliser un indice sensible à plusieurs composantes de l'AGB. Ont été alors comparés les indices de Shannon et AGB, qui donnent des résultats sensiblement différents (Figure 20) : pour les tarodières irriguées et les parcelles de taros notamment, qui ont la plus grande diversité variétale. L'indice de Shannon n'est pas sensible à la composante variétale de l'AGB. Or richesse variétale et spécifique n'étant pas corrélées (voir ci-dessous), l'indice de Shannon devient peu pertinent pour les parcelles riches au niveau variétal.

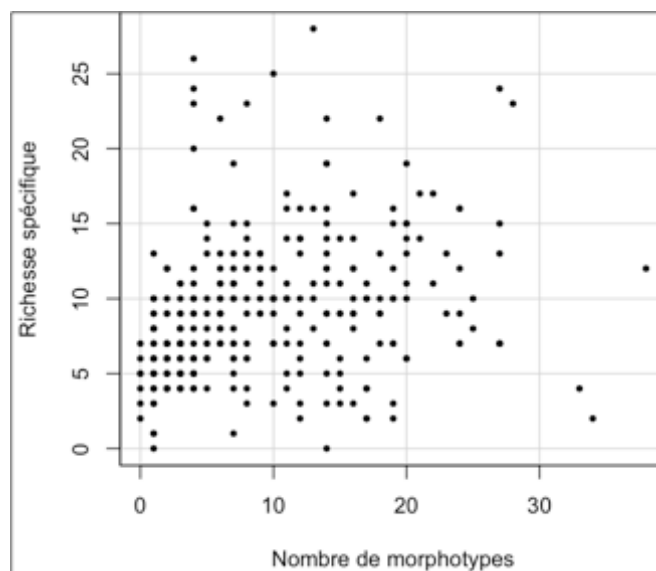


Figure 19 : Richesse spécifique dans les 297 parcelles en fonction du nombre de morphotypes cumulé pour le taro, la grande igname, le kava et le bananier.

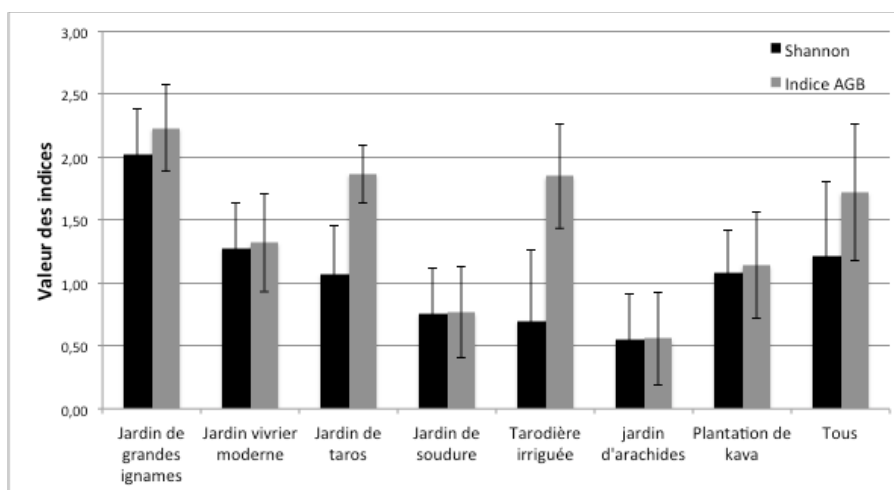


Figure 20 : Indice de Shannon (noir) et indice AGB (gris) moyens selon les type de parcelle pour les parcelles de la classe d'âge 1 (les barres représentent les écart-types).

Des tests de Wilcoxon sur les deux indices ont été effectués afin de rendre compte de leur capacité à distinguer les types de parcelles deux à deux. A partir des sept types de parcelles, il est possible de tester 21 associations deux à deux. Sur ces 21 tests, il n'y a pas de différence significative des indices de Shannon dans dix tests. Ce chiffre tombe à six pour l'indice AGB (Tableau 9). Dans la mesure où l'indice AGB est capable de distinguer davantage de types de parcelles, il apparaît comme plus efficace et plus pertinent que l'indice de Shannon pour mettre en évidence la variabilité spatiale de l'AGB.

Tableau 9 : Types de parcelles n'affichant pas de différences significatives lors de tests de Wilcoxon (avec un risque de première espèce de 5%) sur les indices de Shannon et AGB.

	Parcelles de taro	Tarodières irriguées	Parcelle de soudure	Parcelle vivrière	Parcelle d'arachides
Indice de Shannon	Parcelle vivrière Parcelle de soudure Parcelle de kava	Parcelle de soudure Parcelle d'arachides Parcelle de kava	Parcelle de soudure Parcelle d'arachides Parcelle de kava	Parcelle vivrière Parcelle de kava	Parcelle d'arachides Parcelle de kava
Indice AGB		Parcelle de taro Parcelle de kava	Parcelle de soudure Parcelle d'arachides Parcelle de kava	Parcelle vivrière Parcelle de kava	Parcelle d'arachides Parcelle de kava

Néanmoins, aucun des deux indices ne parvient à distinguer de façon satisfaisante les plantations de kava, qui posent des problèmes en terme de méthode d'inventaire notamment (voir PARTIE III.4.3.1).

3.2. Dynamiques temporelles

3.2.1. Parcelles d'igname

Entre la classe d'âge 1 et « 5 et plus », la valeur moyenne de l'indice de Shannon passe de 2,03 à 1,36 (diminution de 33%) et celle de l'indice d'AGB passe de 2,23 à 1,38 (diminution de 38%) (Figure 21). Les deux indices diminuent plus fortement entre la première et la deuxième année qu'au cours des autres années, ce qui est cohérent avec ce qui a été observé précédemment. Les tests de Wilcoxon font ressortir des différences significatives des indices de Shannon et AGB entre la première et la deuxième année ($p < 0,01$ pour les deux tests). Entre la deuxième et la troisième année, l'indice AGB diminue également de façon significative ($p < 0,03$) pour se stabiliser ensuite. L'indice de Shannon, quant à lui, se stabilise dès la deuxième année. Il n'y a pas de différence significative de l'indice de Shannon entre les classes d'âge 2 et « 5 et plus » ($W=66$, $p=0,10$). Cette différence est significative pour l'indice AGB ($W=169$, $p < 0,01$). Donc la tendance de baisse de l'AGB observable à moyen terme n'est pas mise en évidence par l'indice de Shannon. L'indice AGB décrit une évolution de l'AGB plus proche de celle observée précédemment.

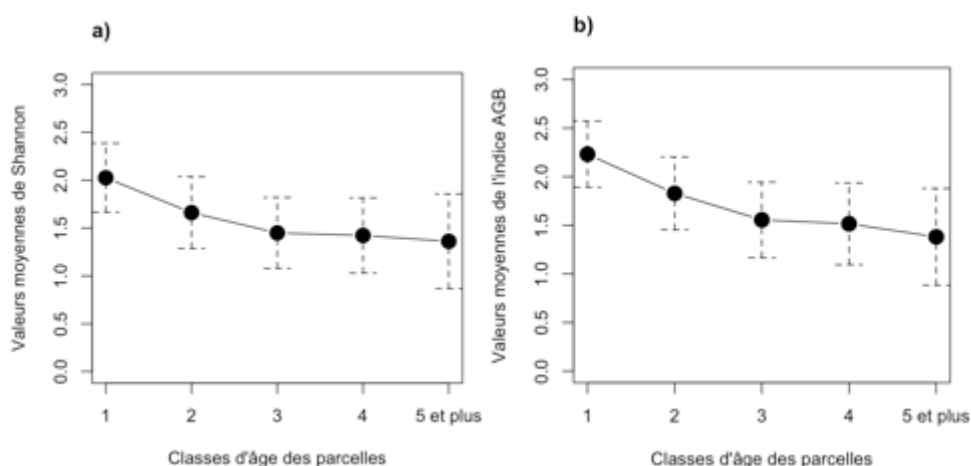


Figure 21 : Valeurs moyennes des indices de a) Shannon et b) AGB selon les classes d'âge dans les parcelles d'igname (les barres représentent les écart-types).

3.2.2. Parcelles de taro

Pour les parcelles de taro, aucun des deux indices ne met en évidence une évolution de l'AGB au cours du temps (Figure 22). Ces résultats sont confirmés par les tests de Wilcoxon. Aucun des deux indices n'est donc plus, ou moins, adapté que l'autre dans ce cas. Cette stabilité est peu cohérente avec les observations

précédentes : l'AGB dans les parcelles diminuent peu, mais une tendance de moyen terme est cependant décelable. Elle paraît néanmoins trop faible peser sur les valeurs des indices (voir discussion).

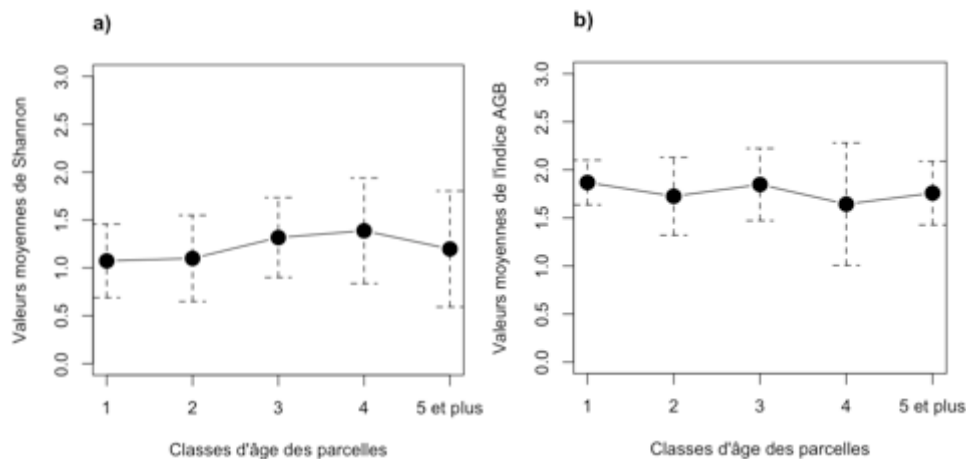


Figure 22 : Valeurs moyennes des indices de a) Shannon et b) AGB selon les classes d'âge dans les parcelles de taro (les barres représentent les écart-types).

Ainsi, l'indice AGB s'est révélé, dans toutes les situations, plus sensible aux variabilités spatio-temporelles de l'AGB que l'indice de Simpson, et les décrit de façon plus pertinente. La catégorie des parcelles coutumières, associant diversité variétale et spécifique ont une valeur d'AGB plus élevée que les autres, suivies des parcelles vivrières pour leur diversité spécifique. Les parcelles qui présentent à la fois une faible diversité spécifique et variétale, ont une faible valeur d'AGB (Figure 20). Dans les parcelles d'ignames, l'indice AGB décroît avec le temps mais reste stable dans les parcelles de taros. Cette stabilité constitue la première limite de l'indice AGB. La deuxième limite mise en exergue concerne les plantations de kava, que l'indice ne différencie pas des autres types de parcelles.

4. Propriétés mathématiques de l'indice AGB

4.1. Sensibilités de l'indice

4.1.1. Abondance relative et richesse variétale

L'indice AGB varie avec la richesse spécifique, les abondances relatives et les richesses variétales. Dans un premier temps ont été testés les influences de l'abondance relative et du nombre de variétés n d'un taxon, sur le poids de ce taxon dans la valeur de l'indice. Cela revient à étudier l'allure d'un faisceau de courbes dont l'équation générale est donnée par :

$$y = -x \cdot \log\left(\frac{x}{\sqrt{n}}\right) \text{ avec } x \in]0; 1] \text{ et } n \in N^* \text{ (Equation 1)}$$

Les courbes de l'équation 1 sont données pour différentes valeurs de n par la Figure 23. Lorsque x est proche de zéro, la valeur de y est faible, quelque soit n . Pour $n < 8$, la fonction est d'abord croissante puis décroissante sur $x \in]0; 1]$. La position du point d'inflexion dépend de n : elle se rapproche de un quand n augmente. La valeur de y au point d'inflexion augmente également quand n augmente. Pour $n \geq 8$, la fonction est strictement croissante sur $x \in]0; 1]$. Plus n est grand, plus la fonction croît rapidement.

Ainsi, les taxons peu représentés (nombre de pieds) ont un poids faible dans l'indice AGB. Plus un taxon est riche au niveau variétal, plus son poids dans l'indice est élevé. Cependant ce poids n'augmente pas de façon linéaire. Enfin, dès que le taxon présente huit variétés ou plus, son poids dans l'indice augmente avec l'abondance.

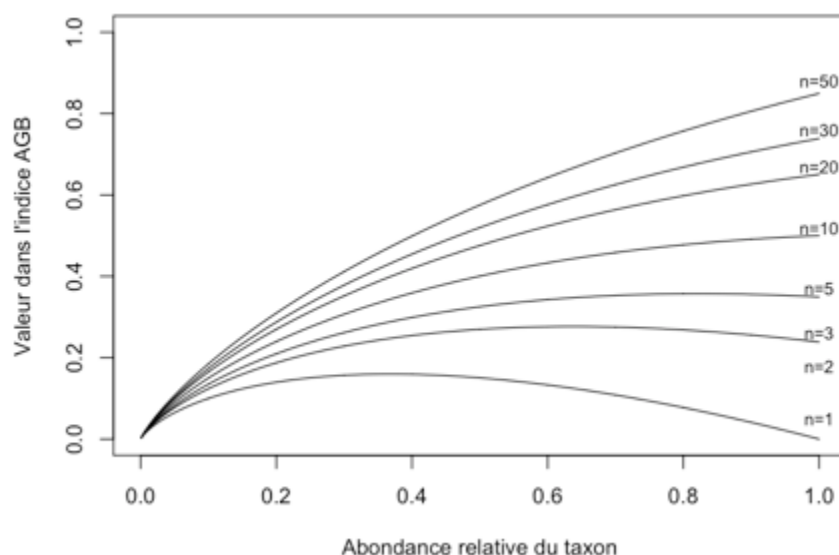


Figure 23 : Variation du poids d'un taxon dans l'indice AGB en fonction de son abondance relative et selon sa richesse variétale n .

4.1.2. Richesse spécifique

Afin d'avoir une idée du comportement de l'indice AGB avec l'ajout de nouveaux taxons, des parcelles fictives, contenant un nombre variables de taxons dont un (uniquement) présente un nombre variable de variétés, ont été considérées. Au delà, la représentation graphique est impossible. Une nouvelle équation a été donnée :

$$y = -x \cdot \log\left(\frac{x}{\sqrt{n}}\right) - (1-x) \cdot \log\left(\frac{1-x}{S-1}\right) \quad (\text{Equation 2})$$

L'équation 2 décrit une parcelle composée de S taxons :

- une tête d'assolement dont l'abondance relative dans la parcelle est x et présentant n variétés ;
- $S - 1$ autres taxons présentant chacun une seule variété et dont les abondances relatives sont toutes égales, et ont pour valeur $(1-x)/(S-1)$. L'abondance relative totale de la parcelle est de un.

Les équations 1 et 2 ont été comparées en fonction de l'ajout de variétés ou de taxons (Figure 24).

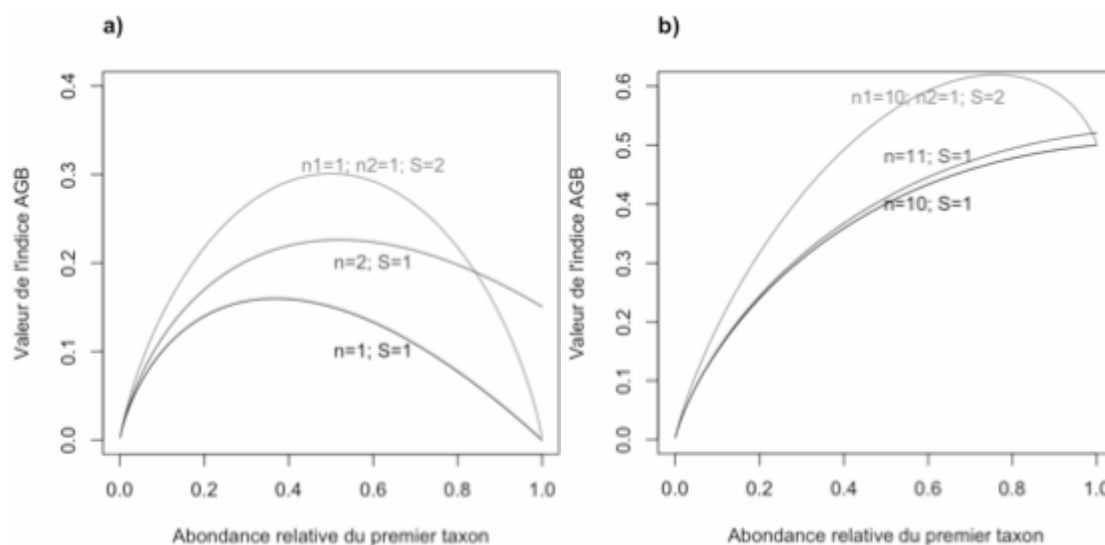


Figure 24 : Valeur de l'indice d'AGB en fonction d'un ajout de taxon ou de variété. En noir, courbes de l'équation 1 pour a) $n=1$ et b) $n=10$; en gris foncé, courbes de l'équation 1 pour a) $n=2$ et b) $n=11$; et en gris clair, courbes de l'équation 2 pour a) $n=1$ et b) $n=10$.

Dans les parcelles où la tête d'assolement présente une variété, l'indice AGB augmente davantage avec l'ajout d'un taxon qu'avec l'ajout d'une variété pour $x < 0,85$. A l'inverse, lorsque le nombre de variétés pour la tête d'assolement est de dix, l'indice AGB est davantage sensible à l'ajout d'une espèce plutôt que d'une variété supplémentaire.

4.1.3. Conséquences

L'étude du comportement théorique de l'indice AGB peut être complétée par une étude plus empirique basée sur notre échantillon de parcelles. Il est en effet plus pertinent de se focaliser sur les abondances réellement observées, dans les parcelles d'igname d'une part, et de taro d'autre part (Figure 25). L'indice apparaît comme davantage sensible en général à une augmentation de richesse spécifique ; la richesse variétale a un effet moins prononcé. Ce comportement s'inverse dans des parcelles où la tête d'assolement est très dominante et peu diversifiée à l'échelle variétale.

L'indice AGB est donc globalement plus sensible à une variation de richesse spécifique que de richesse variétale. Ces calculs vont dans le même sens que les valeurs de l'indice selon les types de parcelles : les parcelles d'ignames, qui ont une richesse spécifique plus élevée que ceux de taro, ont un indice AGB moyen supérieur, malgré la richesse variétale importante des parcelles de taro.

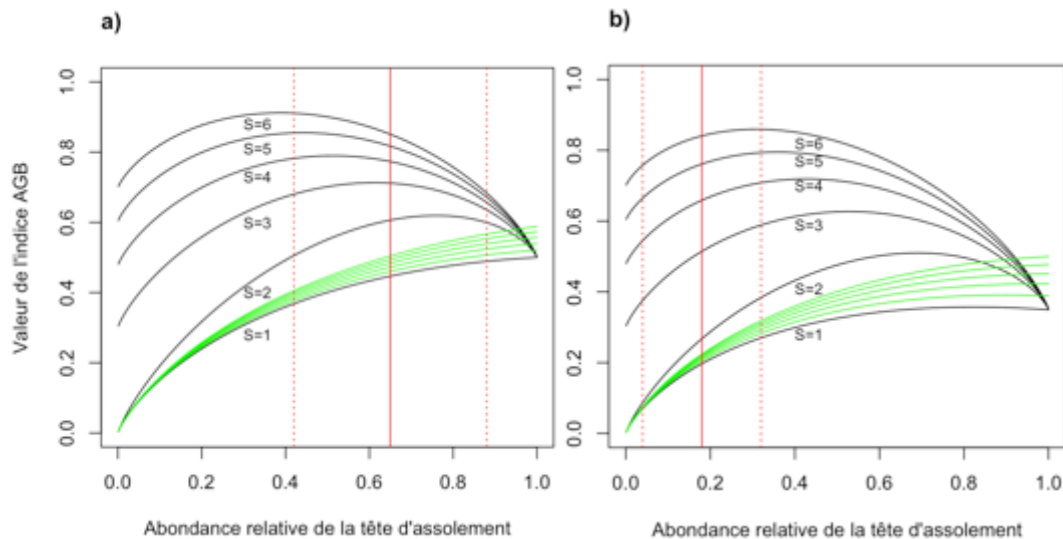


Figure 25 : Valeurs de l'indice AGB (calculées à partir des équations 1 et 2) en fonction de l'abondance relative de la tête d'assolement. Le faisceau de courbes noires représentent un gradient de richesse (de un à six taxons) à nombre de variétés fixé : a) 10 et b) cinq variétés. Le faisceau de courbes vertes traduit un gradient de variétés : a) de 10 à 15 et b) de cinq à 10 variétés. La droite rouge pleine marque l'abondance moyenne de la tête d'assolement dans a) les parcelles de taro et b) les parcelles d'igname, et les droites en pointillés positionnent les écart-types correspondant.

4.2. Domaine de validité

Il est possible, en s'appuyant sur les observations précédentes et sur l'équation 2 de proposer un test de validité de l'indice AGB pour une parcelle donnée. La validité de l'indice est en effet prise en défaut lorsque l'ajout d'une variété dans la parcelle a plus d'influence sur l'indice que l'ajout d'un taxon. Mathématiquement, cela se traduit à l'aide de l'équation 2 par :

$$x \cdot \log\left(\frac{x}{\sqrt{n}+1}\right) + (1-x) \cdot \log\left(\frac{1-x}{S-1}\right) < x \cdot \log\left(\frac{x}{\sqrt{n}}\right) + (1-x) \cdot \log\left(\frac{1-x}{S}\right)$$

soit

$$x \cdot \log\left[\frac{(S-1) \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{n}+1}\right] + \log\frac{S}{S-1} > 0 \text{ ou } \left[(S-1) \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n}+1}\right]^x + \frac{S}{S-1} > 0$$

Dans le cas où cette inégalité est vérifiée, la parcelle considérée semble rester dans le domaine de validité de l'indice AGB. Néanmoins ce test s'appuie sur trois hypothèses:

- il existe une tête d'assolement clairement identifiable ;
- les nombres de pieds des cultures associées sont tous égaux et ont pour valeur $(1 - x)/(S - 1)$;
- et ;
- les cultures associées ne sont pas diversifiées au niveau variétal.

Ainsi, si ce test a un caractère simplificateur et permet de ne donner qu'une idée de l'applicabilité de l'indice. En outre, plus il se rapproche de zéro, moins l'indice semble adapté.

4.3. Variables exclues de l'indice AGB

4.3.1. Surface des parcelles

La surface n'est pas ressortie au cours des analyses comme une variable explicative de l'AGB. Pourtant, dans son étude de l'AGB au Vanuatu, Morin (2006) en soulignait l'importance. Ici, la surface semble redondante avec la richesse spécifique ainsi que l'abondance, avec lesquelles elle est corrélée à plus de 50%. Cette divergence peut s'expliquer par une différence dans les plans d'échantillonnage. Morin travaillait dans des parcelles mesurant entre 80 à 40000 m². Notre échantillonnage, lui, se restreint à une plage de surfaces comprise entre 13 et 4500 m² avec 90% des parcelles d'environ 1000 m². Il est possible de formuler l'hypothèse qu'au delà d'un certain seuil de surface, la corrélation entre la surface des parcelles et les autres variables soit modifiée, nécessitant alors sa prise en compte pour expliquer la variabilité.

Il est cependant nécessaire de confirmer que l'indice AGB n'est pas biaisé par la surface. Un test de corrélation entre l'indice et la surface renvoie une p-value de 0,04 et un coefficient de corrélation de -0,12. Il n'est donc pas possible de réfuter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation pour un risque de première espèce de 5%. L'évolution de l'indice en fonction de la surface est illustrée ci-dessous. Il est possible de détecter une diminution de l'indice AGB pour des parcelles de grande surface, supérieure à 2000 m². La corrélation est significative du fait de ces parcelles, qui correspondent aux plantations de kava.

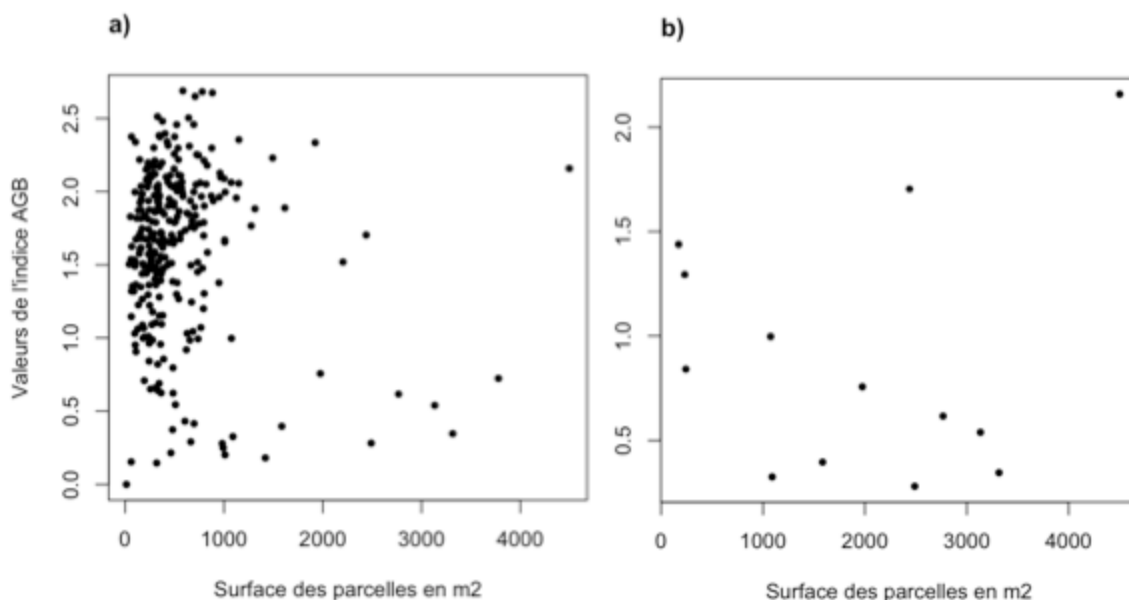


Figure 26 : Valeurs de l'indice AGB des parcelles en fonction de leur surface pour a) l'ensemble des 297 parcelles et b) les 13 plantations de kava.

En effectuant un nouveau test de corrélation sur 284 parcelles (plantations de kava exclues), l'indice AGB et la surface perdent leur corrélation (p-value=0,48 ; coef=0,04). Pour les parcelles de kava, il semble que l'indice AGB soit biaisé par la surface. Ce biais peut venir (1) d'un biais de mesures ou (2) d'un biais

d'estimation. Le protocole d'inventaire est en effet peu adapté aux parcelles de kava : elles sont très grandes, ce qui empêche de les sillonner sur toute leur étendue, et la visibilité y est très réduite du fait d'une végétation relativement dense. Ces deux caractéristiques ont un impact très négatif sur la qualité des inventaires en plein (l'opérateur ne voit pas certains pieds). Pour ces parcelles, il conviendrait mieux de réaliser un inventaire par placettes à partir d'un échantillonnage stratifié permettant de prendre en compte l'hétérogénéité des parcelles. Le biais d'estimation serait dû quant à lui aux propriétés intrinsèques de l'indice AGB, qui pourrait ne pas être adapté pour des parcelles trop grandes. Il est donc possible que l'indice ne soit valide que pour une certaine plage de surface, ce qu'il conviendrait de vérifier par ailleurs avec un protocole adapté.

Finalement, l'indice AGB et/ou la méthode d'inventaire utilisé ne sont pas adaptés pour l'estimation de l'AGB des plantations de kava. Cela confirme les observations faites en PARTIE III.1.3 : l'indice AGB ne différencie pas les plantations de kava des autres types de parcelle. Pour tous les autres types de parcelles cependant, l'indice semble adapté et n'est pas biaisé par leur surface.

4.3.2. La catégorie des pieds spontanés

La catégorie des « pieds spontanés » apporte peu d'information pour l'estimation de la richesse spécifique (voir PARTIE IV.2.1.1). Elle est de plus fortement corrélée en terme d'abondance avec la catégorie des « pieds plantés ». De surcroît, à l'échelle d'une parcelle, l'inventaire de cette catégorie pose problème. D'une part, l'identification des « pieds spontanés protégés » demande une forte sollicitation de l'agriculteur, ce qui conduit à une information de faible qualité : pour chaque pied, il est nécessaire de demander si un entretien intentionnel est (ou sera) réalisé. D'autre part, les « pieds spontanés de culture » se répartissent de façon hétérogène sur la parcelle et sont parfois peu visibles car recouverts par des espèces rampantes ou herbacées. L'estimation des abondances est donc peu précise à moins de consacrer beaucoup plus de temps à l'inventaire. En ne considérant pas les « pieds spontanés », les biais de mesures et donc d'analyse seraient significativement réduits. Quels sont les impacts de la non prise en compte de cette catégorie sur les valeurs de l'indice AGB ?

Ce retrait n'a pas d'impacts sur le comportement de l'indice selon les types de parcelle (Figure 27). Ce résultat est confirmé par un test t réalisé sur l'ensemble des parcelles de première année ($p=0,58$).

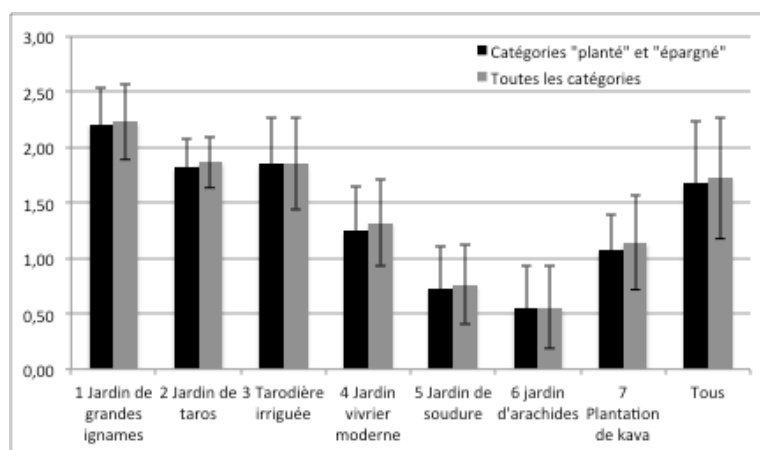


Figure 27 : Valeurs moyennes, selon les types de parcelle, de l'indice AGB calculé à partir de l'AGB totale (gris) et de l'AGB plantée et épargnée (noir) pour les parcelles de un an (les barres représentent les écart-types).

A l'inverse, en considérant l'ensemble des parcelles, la différence entre les deux indices est significative (test t, $p<0,01$). Selon la méthode de calcul de l'indice, les dynamiques temporelles de l'AGB apparaissent différentes (Figure 28 à comparer avec les Figure 21 et Figure 22).

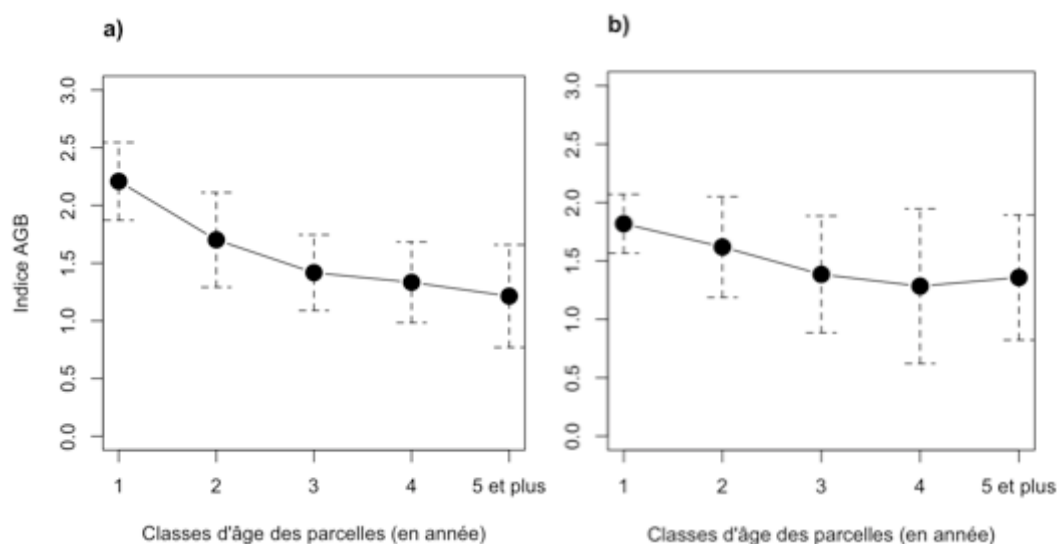


Figure 28 : Valeurs moyennes selon les classe d'âge des parcelles de l'indice AGB calculé à partir de l'AGB plantée et épargnée dans a) les parcelles d'igname et b) les parcelles de taro (les barres représentent les écart-types).

Pour les parcelles d'igname, la tendance générale reste et les tests de comparaison des indices en fonction des classes d'âge amènent aux mêmes conclusions : l'indice AGB décroît de façon significative (test de Wilcoxon, $p < 0,01$) entre la première et la deuxième année, puis entre la deuxième et la troisième année. La différence est également significative entre la deuxième année et la classe d'âge « 5 et plus » ($p < 0,01$), ce qui met en évidence une tendance à la diminution à long terme.

Pour les parcelles de taro, l'indice calculé à partir de l'AGB plantée et épargnée montre, contrairement au calcul avec l'ensemble de l'AGB, une tendance à la diminution. Il y a une différence faiblement significative de l'indice entre la première et la deuxième année ($p < 0,05$) et l'indice décrit une diminution sur le long terme (différence significative entre la première année et la dernière classe d'âge, $p < 0,01$). Ainsi, le calcul de l'indice AGB avec l'AGB plantée et épargnée semble plus adapté pour décrire les variations temporelles de l'AGB dans les parcelles de taro.

Finalement, la catégorie des plantes spontanées de l'AGB apparaît optionnelle pour expliquer la variabilité spatiale de l'AGB et ne modifie pas de façon sensible les valeurs de l'indice AGB. Ce dernier est d'ailleurs plus pertinent pour décrire les dynamiques temporelles de l'AGB lorsqu'il est calculé à partir des pieds plantés et épargnés uniquement. Enfin, la catégorie des spontanées pose de nombreux problèmes de mesure et augmente considérablement le temps nécessaire à l'inventaire rigoureux des parcelles. Ainsi, il est conseillé de ne pas considérer cette catégorie lors des inventaires ou pour le calcul de l'indice AGB.

PARTIE IV. Discussion

1. Variabilité spatio-temporelle de l'AGB

1.1. A l'échelle des villages

Le nombre total de 127 espèces recensées dans cette étude est comparable à celui d'autres études sur d'autres continents : Das et Das (2005) en recensent 122 en Inde, Buchmann (2009) 182 à Cuba, ou encore 115 au Niger Bernholt et al. (2009). Au Vanuatu, Morin (2006) en avait identifiées 119. Malgré une diversité endémique plus faible (environ 1500 espèces, Walter, 2000), les agriculteurs au Vanuatu maintiennent donc une richesse spécifique comparable à celle d'autres pays. A l'échelle d'une parcelle, notre moyenne de 10,2 espèces est comparable aux chiffres de Morin, qui en recense de sept à 14 par parcelle. Néanmoins, les conclusions à partir des comparaisons entre les études restent difficiles à tirer. D'abord parce que les efforts d'échantillonnage ne sont jamais identiques : un nombre variable de parcelles (de 25 à 144) et des parcelles de tailles différentes engendrent un biais en raison de la relation aire-espèce. Ensuite, les protocoles d'inventaire et les catégories de plantes considérées varient entre les études : espèces utiles, espèces ligneuses utiles, espèces cultivées, etc.

La richesse et la composition en espèces sont variables selon les villages. De telles variations géographiques de l'AGB ont pu être observées en Ethiopie (Abebe et al., 2010) où les auteurs constatent un écart de richesse spécifique de 55% entre le village le plus et le moins riche. L'écart constaté dans notre étude est inférieur : 28%, et ce malgré une distance supérieure entre les villages, par rapport à l'étude d'Abebe et al. Pour expliquer la variabilité inter-villages, ces derniers évoquent (1) l'adoption différentielle des cultures de rente selon les villages et (2) la tendance au développement des plantes annuelles du fait de la fragmentation du milieu et du manque d'espace (Abebe et al., 2010). Au Vanuatu l'AGB à l'échelle d'un village semble principalement conditionnée par l'espèce la plus importante d'un point de vue coutumier (grande igname ou taro), comme le suggère la CAH1. Les parcelles de taro et d'igname se distinguent en terme de composition, de richesses spécifique et variétale, etc. ce qui a un effet sur l'AGB à l'échelle villageoise. Mais la variabilité s'explique également par la spécialisation des villages dans certains types de parcelles (soudure et/ou modernes). Ainsi, si Avunaleleo et Brenwe sont tous deux des villages à ignames, ils se distinguent par leurs parcelles secondaires : parcelles de soudure à base d'ignames dures (*Dioscorea transversa*) pour Avunaleleo et parcelles d'arachides pour Brenwe. Finalement, la variabilité à l'échelle d'un village s'explique par les types de parcelles que les agriculteurs entretiennent. Il est possible d'identifier quatre grands facteurs qui semblent être plus ou moins déterminants de cette spécialisation.

D'une part, le choix des cultures est une adaptation au contexte agroécologique local. L'espèce coutumière d'un village par exemple est celle la plus adaptée aux types de sols (Fraser et al. 2011) et au régime hydrique. Le choix des cultures secondaires est de la même façon conditionné par le contexte biophysique local : le régime des températures dans certains villages est souvent évoqué comme facteur limitant pour certaines cultures (tomates, papayers, etc.). D'autre part, il existe une adaptation géographique et socio-économique : les cultures destinées à la vente sont choisies en fonction des conditions d'accès aux marchés et des débouchés existants. A cela s'ajoute un effet de « mode » à l'échelle de la communauté. Lorsqu'un agriculteur expérimente une nouvelle culture de rente, les autres, constatant sa réussite ou son échec, sont tentés de développer à leur tour cette culture ou pas. C'est ainsi qu'à Lamlu ou Brenwe, un grand nombre d'agriculteurs plantent des arachides. Ce phénomène d'imitation ne fait que renforcer la spécialisation des villages. Enfin, l'AGB subit également l'influence du contexte international. Les villages sont aujourd'hui de plus en plus ouverts sur l'extérieur (Walter, 2000), notamment avec la vente à l'exportation des produits issus des plantations pérennes de rente. Les fluctuations des prix et les demandes des marchés extérieurs influencent les cultures dans les villages. A titre d'exemple, à Lamlu, les

agriculteurs recommencent à planter du bois de Santal (*Santalum australis*) suite aux promesses d'achats d'un entrepreneur étranger.

L'AGB dans les abattis au Vanuatu présente donc une hétérogénéité spatiale qui est le résultat d'une adaptation à (1) un contexte agroécologique, historique et culturel et (2) une dynamique socio-économique d'adoption de nouvelles cultures et de développement de nouveaux marchés. A la base de ce deuxième point se trouve l'individu qui opère des choix.

1.2. A l'échelle familiale

Si les conditions agroécologiques, socio-économiques et géographiques définissent un cadre, ce dernier n'est pas contraignant dans le sens où il autorise des variations selon les choix de chacun (choix individuels ou familiaux). Chaque famille organise son système de culture selon sa propre stratégie, ce qui est à l'origine d'un aspect de la variabilité entre parcelles. Ainsi, à Malo, un des agriculteurs obtient ses revenus monétaires grâce à la vente d'arachides et autres produits locaux, contrairement à toutes les autres familles du village, qui ont fait le choix de planter (ou ont hérité) des cocotiers. Ce libre arbitre influence l'AGB des systèmes de culture (Wiersum, 2006) et est conditionné par la situation socio-économique des familles. En fonction de l'âge du père de famille, de l'histoire familiale, de la taille du foyer, du nombre d'enfants scolarisés, etc. les familles n'ont pas les mêmes besoins monétaires ou vivriers. Chaque famille a également ses propres aspirations, il est donc logique de retrouver cette hétérogénéité dans les abattis. L'AGB est intégrée au cœur d'un large système socio-économique et est en partie définie par les éléments de ce système (Clergue et al., 2009).

Malheureusement, notre protocole d'étude ne permet pas de discuter de manière plus détaillée de l'AGB entretenue à l'échelle familiale. En effet, les parcelles d'abattis-brûlis d'une famille ne sont qu'une des composantes d'un système de culture plus large, englobant notamment les plantations pérennes de rente et les parcours (réseau de chemins d'un terroir). Ces deux éléments comptent une AGB différente de celle des abattis (Anglaere et al., 2011). Dans les cacaoyères et cocoteraies sont plantés de nombreux fruitiers, parfois même des ignames sauvages. Les parcours accueillent également une diversité de fruitiers, qui sont par conséquent relativement peu présents dans les abattis. Dans certains villages, à l'image d'Avunaleleo, les familles entretiennent de petits jardins de case qui accueillent des condiments, des plantes ornementales, médicinales, etc. Les abattis à eux seuls ne sont donc pas représentatifs de l'AGB totale maintenue par une famille. Ainsi, il faudrait effectuer une étude à une échelle plus globale pour appréhender de façon plus exhaustive l'AGB à l'échelle familiale.

1.3. A l'échelle des parcelles

Les surfaces des parcelles sont très variables, ce qui est le cas dans de nombreuses études (Lamont et al., 1999). La corrélation observée entre la surface des parcelles et leur abondance et richesse spécifique est également souvent mise en évidence (Das et Das, 2005 ; Perrault-Archambault et Coomes, 2008) sans toutefois être systématique (Albuquerque et al., 2005; Bernholt et al., 2009). Très peu de parcelles parmi celles observées présentaient une structure horizontale marquée par des zones de gestion différenciées, à la différence des observations de Méndez et al. (2001) au Nicaragua. Cela rejoint le constat de Das et Das (2005) : les parcelles de petite taille ne sont pas subdivisées en différentes zones de gestion mais se composent d'espèces mélangées sur l'ensemble de leur surface. Mais sans toutefois parler de zonation des parcelles, la position de chaque pied dans l'abattis n'est pas aléatoire mais elle est le résultat du choix réfléchi de l'agriculteur (Carrière, 2003 ; Das et Das, 2005) : les espèces importantes ont tendance à être plantées au centre de la parcelle puis entourées par les cultures associées. Ainsi, le manioc entoure souvent les parcelles car son couvert, d'après les agriculteurs, ralentit l'envahissement des parcelles par les adventices. Le macabo, qui préfère les ambiances ombragées, est souvent planté près des bordures, à

proximité des arbres. Ces savoirs, et les pratiques qui en découlent, participent à la variabilité structurale des parcelles. Malheureusement, notre étude n'approfondit pas cette variabilité intra-parcellaire de l'AGB, dans la mesure où la position des différentes cultures dans les parcelles n'a pas été renseignée précisément.

Une variabilité inter-parcelles a cependant pu être mise en évidence, à travers une typologie des parcelles. D'autres études, en Inde (Peyre et al., 2006), au Nicaragua (Méndez et al., 2001) ou encore au Niger (Bernholt et al., 2009) ont dressé des typologies similaires, à partir de caractéristiques structurales et fonctionnelles. Ces typologies servent d'outil à la compréhension des systèmes et à leurs dynamiques. Les auteurs mettent en effet en relation dans certains cas les types de parcelles qu'ils identifient avec des changements de pratiques ou des degrés de modernisation de l'agriculture (Abebe et al., 2010). Les typologies ont cependant leurs limites. D'une part, elles fixent des limites entre plusieurs situations distinctes qui s'insèrent au sein d'un *continuum*. Ainsi certaines parcelles vivrières peuvent accueillir des espèces coutumières tandis que des parcelles coutumières accueillent également des cultures non coutumières, ce qui pose de fait un problème de classification. Pour ces situations ambiguës, les enquêtes permettaient de trancher : les agriculteurs identifient en effet les parcelles par le nom de la culture qu'ils jugent dominante. Mais ce classement conserve toujours une part de subjectivité. De plus, les typologies ont tendance à figer une réalité dynamique dans le temps, et ce à deux échelles différentes.

Les inventaires des parcelles se sont déroulés sur une période de cinq mois et un peu moins de deux semaines ont été nécessaires pour chaque village. Ainsi, certaines espèces, qui n'étaient pas cultivées pendant la période d'inventaire, n'ont pu être observées (telle que la pastèque, les courges, etc.). La typologie présentée n'a donc pas la prétention d'être exhaustive. Il existe cependant des méthodes d'inventaire qui permettraient de limiter ce manque. La méthode du « listage libre » (Fraser et al., 2011 ; Junqueira et al., 2011) qui consiste à évaluer la richesse et l'abondance à partir d'enquêtes auprès de l'agriculteur, permettrait par exemple de renseigner des cultures sur une année. A moyen et long terme également, les systèmes changent avec l'adoption de nouvelles pratiques (utilisation d'engrais, etc.), de nouvelles cultures, de nouvelles variétés, etc. Cette plasticité des systèmes va de pair avec des modifications d'AGB et des types de parcelles créés par les agriculteurs. La typologie, qui aide à la compréhension du système agroécologique, voit donc ses limites imposées par le cadrage spatial et temporel des inventaires.

2. Variables de l'indice AGB

Les ACP effectuées dans la PARTIE III ont permis de mettre en évidence les indicateurs permettant d'appréhender la variabilité de l'AGB entre les parcelles afin de savoir lesquels intégrer à l'indice AGB.

2.1.1. La richesse spécifique

La richesse, souvent étudiée en écologie au niveau de l'espèce, est la composante de base de la biodiversité. Dans le cas de l'AGB, elle est souvent mise en parallèle avec une diversité d'usages : plus l'agriculteur maintient une richesse spécifique élevée, plus il dispose de produits d'usages variés pour l'alimentation, la pharmacopée, la construction, les revenus monétaires ou encore pour orner ses jardins (Eichemberg et al., 2009). A l'inverse, une richesse spécifique moindre peut être le reflet d'une moindre dépendance de l'agriculteur à son jardin (Lamont et al., 1999). De plus, la richesse spécifique est le témoin de l'efficacité de la conservation *in situ* opérée par les agriculteurs. Elle est donc susceptible de traduire le degré d'importance des abattis à la fois pour la subsistance des populations et pour la conservation de la biodiversité, ce qui en fait une composante importante de l'AGB.

Dans notre échantillon, 74% de la richesse spécifique des abattis sont plantés. En considérant également les pieds épargnés, ce taux atteint 98%. Les pieds spontanés sont donc optionnels pour

l'estimation de la richesse spécifique. En effet, les espèces observées dans la catégorie « spontanée » sont soit des espèces plantées (taro, macabo, etc.), soit des espèces qui sont également observées dans la catégorie « épargnée ». L'AGB « spontanée » lors d'un cycle de culture a vocation à devenir de l'AGB « épargnée » au cycle suivant.

2.1.2. Les abondances relatives

L'abondance relative en pieds épargnés, avec une valeur médiane sur l'ensemble des jardins de 0,01% et un troisième quartile de 4,4%, a un poids très faible dans l'ACP2 et ne ressort donc pas comme variable explicative. Il est logique par conséquent que l'abondance relative en pieds spontanés soit fortement corrélée avec celle en pieds plantés. Ainsi, les pieds épargnés n'apportent pas d'information sur la variabilité des parcelles du fait de leur faible poids, de même que les pieds spontanés, du fait de leur forte corrélation avec les pieds plantés. Cette remarque constitue un argument de plus concernant le caractère facultatif de la catégorie « spontanée » pour l'étude de l'AGB et pour le calcul de l'indice.

Les abondances relatives permettent de juger de la régularité des parcelles, c'est-à-dire de l'équilibre en nombre de pieds entre les différents taxons. La régularité est considérée en écologie comme une donnée importante de la biodiversité : les indices de Shannon et Simpson l'intègrent et l'indice de Pielou a été développé spécifiquement pour son estimation. Dans les systèmes agroécologiques, les abondances relatives peuvent constituer un élément de variabilité des parcelles. Fraser et al. (2011) observent notamment des variations de dominance en fonction des types de sol et de l'orientation plus ou moins commerciale des cultures. Dans les parcelles du Vanuatu, l'abondance est également liée aux besoins de l'agriculteur. Une espèce utilisée rarement ne sera pas plantée en grande quantité. Mais le corolaire n'est pas forcément vérifié : une espèce peu représentée peut être souvent utilisée. Les arbres sont peu abondant mais ont une productivité élevée, en terme de produits consommables ou de nombre d'usages et un rôle important. L'abondance basée sur un nombre de pieds, bien que pertinente, montre donc des limites comme estimateur de l'importance de certaines espèces pour le système, son fonctionnement et l'agriculteur. Si dans la pratique, le nombre de pieds (et la densité) reste néanmoins la mesure la plus aisée et la plus utilisée de l'abondance, la prise en compte de la notion de rendements ou la pondération des espèces selon une « valeur d'usage » (Junqueira et al., 2011) semblent des pistes de réflexions intéressantes pour une meilleure compréhension des systèmes.

2.1.3. La richesse variétale

La richesse variétale est l'indicateur qui permet de distinguer l'AGB de la biodiversité. Les variétés participent à la richesse culturelle et culturelle des agriculteurs, de leur famille voire de leur village (Caillon et Lanouguère-Bruneau, 2005), et leur rôle dans la résilience économique et sociale des populations n'est plus à prouver (Cleveland et al., 1994). La richesse variétale est très hétérogène entre les parcelles. Il semble d'ailleurs que sa conservation se fasse à l'échelle de la communauté (du village), et non de l'agriculteur (Jarvis et al., 2008). Dans notre échantillon, elle ressort comme une variable explicative de la variabilité de l'AGB des jardins, ce qui est en accord avec les observations faites par d'autres études au Vanuatu (notamment Morin, 2006).

La richesse variétale peut être le témoin de nombreuses composantes connexes de l'AGB car elle est le fruit exclusif de la volonté des agriculteurs. Les espèces coutumières, qui sont également les plus consommées, présentent le plus de variétés (obs. pers.). Ainsi, la richesse variétale est l'expression mesurable de l'importance qu'occupent les espèces dans le quotidien des agriculteurs. A chaque variété sont liées des connaissances agroécologiques (identification, périodes de culture, de récoltes, pratiques particulières de plantation, etc.), historiques (origine, etc.), et pour les plantes alimentaires, des savoirs culinaires et gustatifs. Le maintien des variétés contribue au maintien de ces connaissances et donc de la

diversité culturelle. Enfin, la diversité variétale à dire d'acteurs peut être utilisée pour évaluer la diversité génétique (Alvarez et al., 2005; Jarvis et al., 2008). Ce niveau de diversité a donc un intérêt majeur pour la conservation *in situ*.

Finalement, ces trois variables, intégrées dans l'indice AGB, permettent d'expliquer de façon satisfaisante la variabilité observée au sein des jardins. L'indice AGB intègre la composante variétale de l'AGB, de façon différenciée de la composante spécifique, chose que ne permettaient pas les indices classiques. La catégorie des plantes « spontanées » apporte une information très limitée sur les différentes variables considérées ici, en plus d'augmenter de façon considérable l'effort d'inventaire. Nous proposons donc, pour des études futures de ne pas tenir compte de cette catégorie.

3. Limites et perspectives de cette étude

3.1. A propos de l'indice AGB

L'indice AGB présenté dans cette étude possède les inconvénients de tout indice de biodiversité (Pavoine, 2005; Zahl, 1977). Sa pertinence pour servir de modèle à l'AGB des parcelles d'abattis-brûlis au Vanuatu devra être corroborée par d'autres études. En effet, l'indice AGB a été établi à partir d'un échantillon de 297 parcelles, et reste pour l'instant un modèle adapté pour cet échantillon uniquement. Une phase de validation sur de nouveaux échantillons est nécessaire pour rendre compte de son champ d'application potentiel, à différentes échelles géographiques (Vanuatu, Pacifique, ZTH, etc.) et ce dans différents systèmes agricoles. En plus de permettre d'établir un domaine de validité général de l'indice, la phase de validation peut conduire à son amélioration. Il est en effet possible d'identifier d'ores et déjà plusieurs de ses limites.

Premièrement, l'indice attribue un poids très faible aux catégories peu abondantes dans les parcelles. Nous ne sommes pas parvenus à corriger ce problème, qui avait pourtant été mis en avant dans l'argumentaire pour la remise en question des indices de Shannon-Wiener et Gini-Simpson. La pondération des catégories par leur abondance calculée à partir du nombre de pieds ne reflète pas leur degré d'importance dans le système. Ainsi un pied de taro et un pied d'arbre à pain (*Artocarpus altilis*) ont le même poids dans l'indice AGB, alors qu'en terme de production ces deux espèces ne sont pas comparables. A l'inverse, calculer l'abondance à partir de la productivité, ou encore du nombre (et fréquence) d'usages des catégories (Junqueira et al., 2011) pourrait être envisagé. Cette piste se heurte néanmoins à la difficulté de quantifier une production diversifiée et répartie tout au long de l'année, caractéristique des systèmes vivriers d'agriculture sur brûlis (Feintrenie, 2006).

Une deuxième limite peut être atteinte pour des parcelles très diversifiées au niveau variétal. De la même façon que les indices de Shannon et Simpson tendent à devenir des indices de richesse spécifique pour des unités contenant un grand nombre de catégories (Pavoine, 2005), l'indice AGB pourrait devenir quant à lui un indice de richesse variétale pour des unités contenant des catégories très riches. Cette propriété nuirait à sa capacité à distinguer des parcelles selon leur richesse spécifique, et en particulier dans des situations où les espèces associées sont peu abondantes. Des tests pourraient être effectués dans des parcelles riches en variétés, telles que les tarodières irriguées ou les parcelles de taro afin de caractériser précisément cette limite potentielle.

Enfin, l'indice AGB a été mis au point et est adapté pour estimer l'AGB dans des parcelles dont les limites sont définies, et suffisamment petites pour en permettre un inventaire exhaustif. Avec l'exemple des plantations de kava, un inventaire par échantillonnage peut s'avérer parfois utile, ce qui peut engendrer un biais pour l'estimation de l'indice (Pavoine, 2005). De surcroît, un indice à l'échelle des parcelles doit être couplé à un échantillonnage adapté à l'estimation de l'AGB maintenue au niveau familial villageois.

3.2. Echantillonner l'AGB dans une communauté

Notre étude s'est focalisée sur les abattis-brûlis qui sont la principale source vivrière pour les familles, tout en faisant partie d'un système de production plus large, ce qui est souvent le cas en zone tropicale (Ducourtieux, 2006). Il contiennent la nourriture quotidienne et principale ; les produits tirés des autres composantes du système (fruits, racines et tubercules plantés en forêts) ne viennent bien souvent qu'en complément. Ainsi, les abattis sont les piliers du système alimentaire : ce sont des zones intensément gérées pendant une année ou deux, sur de petites surfaces (environ 300 m² en moyenne), qui assurent la sécurité alimentaire, participent aux liens sociaux à travers les cérémonies coutumières ou encore des réseaux de travail communautaire et d'échanges (Buchmann, 2009), et dont la vente permet un revenu d'appoint pour les familles. Les abattis contiennent l'essentiel de la diversité variétale utilisée dans l'alimentation : les cultures riches en variétés sont en effet majoritairement celles qui sont plantées dans les abattis (sauf pour quelques espèces particulières plantées en forêt). Cela signifie que l'inventaire des variétés dans les abattis permet une bonne estimation de la composante variétale de l'AGB. Néanmoins, pour ce qui est de la richesse spécifique et de l'abondance, les abattis ne semblent pas suffisants pour une bonne estimation.

En effet, si les abattis-brûlis contiennent à eux seuls une richesse spécifique élevée, les autres composantes du système agricole accueillent également un nombre considérable d'espèces spécifiques utilisées pour l'alimentation, l'artisanat, la construction, la pharmacopée, etc. Par exemple, les arbres exploités pour la construction se trouvent majoritairement dans les forêts secondaires et beaucoup d'arbres fruitiers sont plantés sur les parcours et dans les plantations pérennes de rente. Une étude des seuls abattis ne permet donc pas d'appréhender la totalité de la richesse spécifique utilisée par une communauté ou une famille : ils focalisent sur les plantes alimentaires et représentent relativement peu d'espèces à usages non-alimentaires.

Cet aspect limite les conclusions que nous pouvons tirer à partir de nos résultats, notamment pour la comparaison de l'AGB aux échelles villageoise et familiale. La question des différences de répartition de l'AGB entre les différentes composantes du système agricole selon les villages et/ou les agriculteurs reste ouverte. Ainsi, les agriculteurs peuvent concentrer plus ou moins de diversité dans leurs abattis, ou au contraire dans leurs plantations, dans leurs forêts secondaires, etc. De même, si nous n'avons pas mis en évidence de corrélation entre la richesse spécifique des villages et le niveau de pressions anthropiques, cela ne signifie pas qu'il n'existe aucun effet de ces pressions sur l'AGB. Il est fort probable que chacune des composantes du système réagisse différemment à ce facteur. Par exemple, lorsque l'espace disponible par tête se réduit, les surfaces de forêts secondaires sont les premières à diminuer, au profit des abattis et des jachères afin d'avoir suffisamment de nourriture. Ce faisant, l'AGB des forêts secondaires décroît, alors que celle des abattis se maintient, voire augmente. Seule une étude à l'échelle du système agricole permettrait de mieux cerner ces aspects de répartition de l'AGB et de mieux en comprendre les dynamiques, qui ont un impact non négligeable sur la résilience du système global.

3.3. Dynamiques de l'AGB et résilience

La diversité au sein et entre les parcelles d'abattis-brûlis étudiée ici est, comme il a été souligné, le fait d'adaptations de l'agriculture aux conditions géographique, socio-économiques et culturelles locales. De plus, chaque type de parcelle joue un rôle particulier au sein du système de subsistance et participe de fait à sa résilience sociale et économique. Ainsi, les jardins coutumiers participent aux résiliences alimentaire et sociale (Kehlenbeck et al., 2007), comme le souligne Bonnemaïson (1986, chap.10) en identifiant une « économie de subsistance » et une « économie d'abondance et de richesses ». Les parcelles de soudure, quant à elles, augmentent la robustesse (Young et al., 2006) des agriculteurs face aux aléas. Enfin, les parcelles « modernes » ont un rôle de diversification : (1) de façon directe, l'alimentation

est enrichie par les cultures de ces parcelles ; et (2) de façon indirecte, lorsque les produits de ces parcelles sont vendus, les familles peuvent acheter des biens de consommation (nourriture importée, matériaux de construction, technologies modernes, etc.) grâce un accès aux marchés qui se développe. Le revenu tiré de ces parcelles, qui ne vient qu'en complément des cocoteraies et cacaoyères, améliore la sécurité financière des familles. En effet, les prix du coprah et du cacao, vendus sur un marché mondial, sont souvent plus volatils que les prix des denrées vendues sur les marchés locaux (Byron et al., 1999). En s'assurant un revenu complémentaire utilisant les débouchés locaux, les familles se constituent un filet de sécurité.

L'organisation de l'espace au sein du terroir est elle aussi conditionnée par l'environnement. D'une part, les agriculteurs spécialisent l'espace (Ducourtieux, 2006). Les zones de bas fond accueillent les tarodières irriguées ou les parcelles de taro, alors que les zones plus sèches sont préférentiellement destinées aux autres cultures, telles que l'igname ou la patate douce. A Pessena, les plantations de kava se situent sur les versants les plus pentus ; à Tansip, les parcelles d'ignames se situent à proximité de la plage. D'autre part les agriculteurs préfèrent défricher plusieurs petites parcelles chaque année et dispersées dans le terroir plutôt que de concentrer toute leur production au même endroit. Selon eux, cela permet en cas d'aléas de ne pas perdre toute la production. La diversité spatiale des parcelles peut donc être vue comme une adaptation qui augmente l'efficacité et la résilience du système agroécologique dans un contexte biophysique et socio-économique instable.

De façon complémentaire, les autres composantes du système agricole jouent un rôle majeur en terme de résilience globale. Outre leur intérêt dans la diversité des produits issus de l'agriculture, ces systèmes dans lesquels la gestion de l'AGB est extensive permettent une forte résilience en cas d'évènements climatiques majeurs. Les ignames sauvages sont en effet « protégées » par la forêt en cas de cyclone, contrairement aux ignames des abattis ; les arbres à pain dispersés dans les plantations et les vieilles jachères peuvent fournir la nourriture nécessaire en cas de disette. Avec l'accès aux marchés locaux, si aucune catastrophe n'a lieu, les excédents peuvent être vendus. Mais avec l'augmentation des pressions sur la terre et la réduction des surfaces forestières, ce filet de sécurité risque de disparaître. Cela n'a aucune influence au quotidien sur les familles mais peut avoir des conséquences désastreuses ponctuellement en cas de catastrophe. Un exemple récent est donné par le cyclone qui s'est abattu sur l'île de Tanna en 2010, qui a détruit tous les abattis et entraîné une période de disette. Certaines personnes nous ont dit n'avoir pu survivre que grâce à l'aide alimentaire. Ainsi, si l'augmentation des pressions sur la terre influence peu l'AGB des parcelles d'abattis-brûlis, elle semble avoir des conséquences à plus grande échelle sur la résilience du système agricole et nuire à la sécurité alimentaire des populations.

PARTIE V. Conclusion

L'agriculture itinérante sur brûlis garantit l'essentiel de la subsistance vivrière et économique des populations du Vanuatu. Ses richesses spécifique et variétale reflètent des besoins multiples auxquels doit satisfaire l'agriculture, en terme de nourriture, d'habitat, d'organisation sociale, etc. Ainsi, le lien fort entre agriculture, AGB et la société Vanuataise ressort en tâche de fond de cette étude. Mais nos résultats suggèrent également le fait que l'AGB doit être une notion bien plus large qu'un simple décompte d'espèces ou de cultivars. Elle inclut des pratiques et des modes de gestion, qui participent à la diversité spatiale et temporelle des agroécosystèmes. Tous ces éléments sont complémentaires et participent à la résilience globale des socioécosystèmes. Le courant de pensée de la « conservation à travers l'usage » (Stevens et Lacy, 1997) prend donc, dans les agroécosystèmes du Vanuatu, tout son sens. A une perte de savoirs et des pratiques associées ne peut succéder qu'une érosion d'AGB et une baisse de la résilience du système. L'indice AGB mis au point ici peut constituer un outil pour le suivi de ces dynamiques dans le temps et dans l'espace. Il permet d'estimer l'AGB à l'échelle de l'unité de production la plus petite, c'est-à-dire la parcelle, et peut par conséquent être utilisé à des échelles plus petites, telles que celle du système de production. En priorité, il conviendra néanmoins de valider cet indice sur d'autres échantillons et d'en établir progressivement un domaine de validité. Il serait ensuite judicieux de réfléchir à une pondération des espèces qui ne dépende pas uniquement de leur abondance. Cela permettrait de mieux comprendre la fonctionnalité et l'importance des espèces au sein des agroécosystèmes, ce qui donnerait sans doute une image plus pertinente de l'AGB.

Références bibliographiques

- Abebe T., Wiersum K.F., Bongers F., 2010. Spatial and temporal variation in crop diversity in agroforestry homegardens of southern Ethiopia. *Agroforestry Systems*, 78 (3), pp 309–322.
- Albuquerque U.P., Andrade L.H.C., Caballero J., 2005. Structure and floristics of homegardens in Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, 62 (3), pp 491–506.
- Alvarez N., Garine E., Khasah C., Dounias E., Hossaert-McKey M., McKey D., 2005. Farmers' practices, metapopulation dynamics, and conservation of agricultural biodiversity on-farm: a case study of sorghum among the Duupa in sub-sahelian Cameroon. *Biological conservation*, 121 (4), pp 533–543.
- Anglaere L.C., Cobbina J., Sinclair F.L., McDonald M.A., 2011. The effect of land use systems on tree diversity: farmer preference and species composition of cocoa-based agroecosystems in Ghana. *Agroforestry Systems*, 81 (3), pp 249–265.
- Bahuchet S., 1994. *Situation des populations indigènes des forêts denses humides*. 1 éd. Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes, 511 p. Situation des populations des forêts tropicales, vol.5.
- Bernholt H., Kehlenbeck K., Gebauer J., Buerkert A., 2009. Plant species richness and diversity in urban and peri-urban gardens of Niamey, Niger. *Agroforestry Systems*, 77 (3), pp 159–179.
- Bonnemaison J., 1986. Les fondements d'une identité territoire, histoire et société dans l'archipel de Vanuatu (Mélanésie). I: L'arbre et la pirogue. 1 éd. Paris, Editions de l'ORSTOM, 618 p.
- Buchmann C., 2009. Cuban home gardens and their role in social–ecological resilience. *Human Ecology*, 37 (6), pp 705–721.
- Büchs W., 2003. Biodiversity and agri-environmental indicators—general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98 (1–3), pp 35–78.
- Buckland S.T., Magurran A.E., Green R.E., Fewster R.M., 2005. Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 360 (1454), pp 243–254.
- Byron N., Arnold M., 1999. What futures for the people of the tropical forests? Jakarta, CIFOR, 19 p. Working paper no. 19.
- Cabido M., 2001. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 16 (11), pp 646–655.
- Caillon S., 2005. *Pour une conservation dynamique de l'agrobiodiversité: Gestion locale de la diversité variétale d'un arbre «des Blancs» (cocotier, *Cocos nucifera* L.) et d'une plante «des ancêtres» (taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott) au Vanuatu*. Thèse pour le grade de docteur en Géographie, Université d'Orléans, Orléans, 550 p.
- Caillon S., Lanouguère-Bruneau V., 2005. Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu): stratégies de sélection et enjeux sociaux. *Le Journal de la Société des Océanistes*, (120–121), pp 129–148.
- Carrière S., 2003. *Les orphelins de la forêt: pratiques paysannes et écologie forestière (Ntumu, Sud-Cameroun)*. 1 éd. Paris, IRD Editions, 372 p.
- Carrière S.M., André M., Letourmy P., Olivier I., McKey D.B., 2002a. Seed rain beneath remnant trees in a slash-and-burn agricultural system in southern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*, 18 (03), pp 353–374.
- Carrière S.M., Letourmy P., McKey D.B., 2002b. Effects of remnant trees in fallows on diversity and structure of forest regrowth in a slash-and-burn agricultural system in southern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*, 18 (03), pp 375–396.
- Clarke K.R., Warwick R.M., 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*, 216 (May 1990), pp 265–278.
- Clarke K.R., Warwick R.M., 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology*, 35 (4), pp 523–531.
- De Clerck F.A., Negreros-Castillo P., 2000. Plant species of traditional Mayan homegardens of Mexico as analogs for multistrata agroforests. *Agroforestry Systems*, 48 (3), pp 303–317.
- Clergue B., Amiaud B., Pervanchon F., Lasserre-Joulin F., Plantureux S., 2009. Biodiversity: Function and Assessment in

Agricultural Areas: A Review. *Sustainable Agriculture*, 25 (2005), pp 309–327.

- Cleveland D.A., Soleri D., Smith S.E., 1994. Do folk crop varieties have a role in sustainable agriculture? *BioScience*, 44 (11), pp 740–751.
- Condominas G., 2009. Anthropological reflections on swidden change in Southeast Asia. *Human Ecology*, 37 (3), pp 265–267.
- Cooper H.D., Spillane C., Hodgkin T., 2001. Broadening the genetic base of crop production: an overview. Ch.1. In : *Broadening the genetic base of crop production*. 1 éd. Wallingford (UK), CABI Publishing, pp 1-23.
- Daan N., 2001. A spatial and temporal diversity index taking into account species rarity, with an application to the North Sea fish community. *ICES CM*, 4, p 6.
- Das, Das, 2005. Inventorying plant biodiversity in homegardens: A case study in Barak Valley, Assam, North East India. *Current Science*, 89 (1), pp 155–163.
- Ducourtieux O., 2006. *Du riz et des arbres—L'élimination de l'agriculture d'abattis-brûlis, une constante politique au Laos*. Thèse pour le grade de docteur en agriculture comparée, Institut National Agronomique, Paris-Grignon, 637 p.
- Duelli P., Obrist M.K., 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98 (1-3), pp 87–98.
- Eichemberg M.T., Amorozo M.C., Moura L.C., 2009. Species composition and plant use in old urban homegardens in Rio Claro, Southeast of Brazil. *Acta Botanica Brasílica*, 23 (4), pp 1057–1075.
- Faith D.P., 2002. Quantifying biodiversity: a phylogenetic perspective. *Conservation Biology*, 16 (1), pp 248-252.
- Feintrenie L., 2006. *Contribution à l'évaluation de systèmes de culture agroforestiers à base de cocotiers sur l'île de Malo (Vanuatu)*. Stage pour le grade d'ingénieur agronome, Supagro-IRC, Montpellier, 192 p.
- Fisher R.A., Corbet A.S., Williams C.B., 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, 12 (1), pp 42-58.
- Fox, Fujita Y., Ngidang D., Peluso N., Potter L., Sakuntaladewi N., Sturgeon Janet, Thomas D., 2009. Policies, political-economy, and swidden in Southeast Asia. *Human Ecology*, 37 (3), pp 305-322.
- Fraser J.A., Junqueira A.B., Clement C.R., 2011. Homegardens on Amazonian dark earths, non-anthropogenic upland, and floodplain soils along the Brazilian Middle Madeira River exhibit diverging agrobiodiversity. *Economic Botany*, 65 (1), pp 1–12.
- Galluzzi G., Eyzaguirre P., Negri V., 2010. Home gardens: neglected hotspots of agro-biodiversity and cultural diversity. *Biodiversity and Conservation*, (2010), pp 3635–3654.
- Hammer K., Arrowsmith N., Gladis T., 2003. Agrobiodiversity with emphasis on plant genetic resources. *Naturwissenschaften*, 90 (6), pp 241–250.
- Härdter R., Chow W.Y., Hock O.S., 1997. Intensive plantation cropping, a source of sustainable food and energy production in the tropical rain forest areas in southeast Asia. *Forest Ecology and Management*, 91 (1), pp 93–102.
- Hornick K., 2011. *The R FAQ*. Disponible sur Internet : <http://CRAN.R-project.org/doc/FAQ/R-FAQ.html>.
- Huang W., Luukkanen O., Johanson S., Kaarakka V., Räisänen S., Vihemäki H., 2002. Agroforestry for biodiversity conservation of nature reserves: functional group identification and analysis. *Agroforestry Systems*, 55 (1), pp 65–72.
- Izsák J., Papp L., 2000. A link between ecological diversity indices and measures of biodiversity. *Ecological Modelling*, 130 (1-3), pp 151–156.
- Jackson L.E., Pascual U., Hodgkin T., 2007. Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121 (3), pp 196–210.
- Jarvis D.I., Brown A.H.D., Cuong P.H., Collado-Panduro L., Latournerie-Moreno L., Gyawali S., Tanto T., Sawadogo M., Mar I., Sadiki M., Hue N.T.-N., Arias-Reyes L., Balma D., Bajracharya J., Castillo F., Rijal D., Belqadi L., Rana R., Saidi S., Ouedraogo J., Zangre R., Rhrib K., Chavez J.L., Schoen D., Sthapit B., De Santis P., Fadda C., Hodgkin Toby, 2008. A global perspective of the richness and evenness of traditional crop-variety diversity maintained by farming communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105 (14), pp 5326 -5331.

- Jianchu X., Lebel L., Sturgeon J., 2009. Functional links between biodiversity, livelihoods, and culture in a Hani swidden landscape in southwest China. *Ecology and Society*, 14 (2), p 20.
- Junqueira A.B., Shepard G.H., Clement C.R., 2011. Secondary Forests on Anthropogenic soils of the Middle Madeira River: valuation, local knowledge, and landscape domestication in Brazilian Amazonia. *Economic Botany*, 65 (1), pp 85-99.
- Kehlenbeck K., Arifin H., Maass B., 2007. Plant diversity in homegardens in a socio-economic and agro-ecological context. Ch.1. In : *The stability of tropical rainforest margins, linking ecological, economic and social constraints of land use conservation*. 1^{er} éd. Berlin, Springer, pp 297-319. Environmental Science, vol.1.
- Kumar B.M., Nair P.K.R., 2004. The enigma of tropical homegardens. *Agroforestry Systems*, 61 (1), pp 135–152.
- Lamanda N., Malézieux E., Martin P., 2006. Structure and dynamics of coconut-based agroforestry systems in Melanesia: a case study from the Vanuatu Archipelago. In : *Tropical Homegardens: a time-tested example of sustainable agroforestry*. 1^{er} éd. Dordrecht (Netherlands), Springer, pp 105–121.
- Lamont S.R., Eshbaugh W.H., Greenberg A.M., 1999. Species composition, diversity, and use of homegardens among three Amazonian villages. *Economic Botany*, 53 (3), pp 312–326.
- Love B., Spaner D., 2007. Agrobiodiversity: Its value, measurement, and conservation in the context of sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 31 (2), pp 53–82.
- Lu H.P., Wagner H.H., Chen X.Y., 2007. A contribution diversity approach to evaluate species diversity. *Basic and Applied Ecology*, 8 (1), pp 1–12.
- Méndez V.E., Lok R., Somarriba E., 2001. Interdisciplinary analysis of homegardens in Nicaragua: micro-zonation, plant use and socioeconomic importance. *Agroforestry Systems*, 51 (2), pp 85–96.
- Mertz O., Padoch C., Fox J., Cramb R.A., Leisz S.J., Lam N.T., Vien T.D., 2009. Swidden change in Southeast Asia: understanding causes and consequences. *Human Ecology*, 37 (3), pp 259–264.
- Michon G., de Foresta H., Levang P., 1995. Stratégies agroforestières paysannes et développement durable: les agroforêts à damar de Sumatra. *Natures, Sciences, Sociétés*, 3 (3), pp 207-221.
- Morin A., 2006. *Evaluation des dynamiques de l'agrobiodiversité dans trois systèmes agroforestiers de Malo au Vanouatou*. Rapport stage de première année de Master, Supagro, Montpellier, 65 p.
- Noss R.F., 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4 (4), pp 355-364.
- Owens I.P.F., Bennett P.M., 2000. Quantifying biodiversity: a phenotypic perspective. *Conservation Biology*, 14 (4), pp 1014-1022.
- Padoch C., Pinedo-Vasquez M., 2010. Saving Slash-and-Burn to Save Biodiversity. *Biotropica*, 42 (5), pp 550–552.
- Pavoine S., 2005. *Méthodes statistiques pour la mesure de la biodiversité*. Thèse pour le grade de docteur en statistiques, Université Claude-Bernard Lyon I, Lyon, 240 p.
- Pavoine S., Ollier S., Pontier D., 2005. Measuring diversity from dissimilarities with Rao's quadratic entropy: Are any dissimilarities suitable? *Theoretical Population Biology*, 67 (4), pp 231–239.
- Perfecto, Vandermeer, 2008. Biodiversity Conservation in Tropical Agroecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134 (1), pp 173-200.
- Perrault-Archambault M., Coomes O.T., 2008. Distribution of agrobiodiversity in home gardens along the Corrientes River, Peruvian Amazon. *Economic Botany*, 62 (2), pp 109–126.
- Peyre A., Guidal A., Wiersum K.F., Bongers F., 2006. Dynamics of homegarden structure and function in Kerala, India. *Agroforestry Systems*, 66 (2), pp 101–115.
- Qualset C., McGuire P., Warburton M., 1995. In California: « Agrobiodiversity » key to agricultural productivity. *California Agriculture*, 49 (6), pp 45–49.
- Quantin P., 1985. Characteristics of the Vanuatu Andosols. In : *Volcanic soils: weathering and landscape relationships of soils on tephra and basalt: selected papers of the « Congreso Internacional de Suelos Volcánicos »: La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain, July 1984*. p 99.
- Rao C.R., 1982. Diversity: Its measurement, decomposition, apportionment and analysis. *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series A*, 44 (1), pp 1–22.

- Ricotta C., 2005a. A note on functional diversity measures. *Basic and Applied Ecology*, 6 (5), pp 479–486.
- Ricotta C., 2005b. Through the jungle of biological diversity. *Acta Biotheoretica*, 53 (1), pp 29–38.
- Scholes R.J., Biggs R., 2005. A biodiversity intactness index. *Nature*, 434 (7029), pp 45–49.
- Siméoni P., 2009. *Atlas du Vanouatou (Vanuatu)*. 1 éd. Port Vila, Géo Consulte, 392 p.
- Siméoni P., Lebot V., 2011. *Spatial representation of land use and population density: Integrated layers of data contribute to environmental planning in Vanuatu*. Port Vila, Geo Consulte, 30 p.
- Spellerberg I.F., Fedor P.J., 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ Index. *Global Ecology and Biogeography*, 12 (3), pp 177–179.
- Stevens S., Lacy T.D., 1997. *Conservation through cultural survival: indigenous peoples and protected areas*. 1 éd. Washington, Island Press, 388 p.
- Tabuti J.R., Muwanika V.B., Arinaitwe M.Z., Ticktin T., 2011. Conservation of priority woody species on farmlands: A case study from Nawaikoke sub-county, Uganda. *Applied Geography*, 31 (2), pp 456–462.
- Thomas E., Van Damme P., 2010. Plant use and management in homegardens and swiddens: evidence from the Bolivian Amazon. *Agroforestry Systems*, 80 (1), pp 131–152.
- Thrupp L.A., 2000. Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International Affairs*, 76 (2), pp 283–297.
- Tilman D., 2001. Functional diversity. *Encyclopedia of Biodiversity*, 3 (1), pp 109–120.
- Tilman D., 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology*, 80 (5), pp 1455–1474.
- Vandermeer J., Lawrence D., Symstad A., Hobbie S., 2002. Effect of biodiversity on ecosystem functioning in managed ecosystems. In : *Biodiversity and ecosystem functioning: Synthesis and perspectives*. 1 éd. New-York (US), Oxford University Press Inc., pp 221–233. Oxford Biology.
- Vandermeer J., Perfecto I., 2007. The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conservation Biology*, 21 (1), pp 274–277.
- Vanuatu National Statistics Office, 2009. *2009 National Census of Population and Housing*. Port Vila, Vanuatu National Statistics Office, 34 p, National Census of Population and Housing.
- Vivan J.L., May P.H., da Cunha L.H., de Boef W.S., Clement C.R., 2009. Analysis of information used in the management of plant genetic resources: a case study from northwestern Mato Grosso, Brazil. *Agroforestry systems*, 76 (3), pp 591–604.
- Walter A., 2000. Transformation of subsistence means in Vanuatu - Introduction. In : *Les peuples des forêts tropicales aujourd’hui, Pacific Region, Melanesia*. 1 éd. Bruxelles, APFT-ULB, p 230. Avenir des Peuples des Forêts Tropicales, vol.5.
- Walther B.A., Moore J.L., 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, 28 (6), pp 815–829.
- Whittaker R.H., 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science*, 147 (3655), pp 250–260.
- Wiersum, 2006. Diversity and change in homegarden cultivation in Indonesia. Ch.2. In : *Tropical Homegardens, a time-tested example of sustainable agroforestry*. 1 éd. Dordrecht (Netherlands), Springer, pp 13–24. Biomedical and Life Sciences, vol.3.
- Wood D., Lenné J.M., 1999. *Agrobiodiversity: characterization, utilization and management*. 1 éd. Wallingford (UK), CABI Publishing, 464 p. Field Crops Research, vol.1.
- Wood D., Lenné J.M., 1997. The conservation of agrobiodiversity on-farm: questioning the emerging paradigm. *Biodiversity and conservation*, 6 (1), pp 109–129.
- Young O.R., Berkhout F., Gallopin G.C., Janssen M.A., Ostrom E., van der Leeuw S., 2006. The globalization of socio-ecological systems: an agenda for scientific research. *Global Environmental Change*, 16 (3), pp 304–316.
- Zahl S., 1977. Jackknifing An Index of Diversity. *Ecology*, 58 (4), pp 907–913.

Table des figures

Figure 1 : Distinction des notions de biodiversité et d'AGB (selon Vandermeer et al., 2002)	8
Figure 2 : Les différentes composantes de la biodiversité (inspiré de Noss, 1990; Duelli et Obrist, 2003). ...	12
Figure 3 : Articulation de l'approche multidisciplinaire du projet "Végé-Culture"	17
Figure 4 : Carte du Vanuatu avec les six villages choisis dans cette étude.	20
Figure 5 : Modèle des parcelles en fonction de l'origine et de la fonction des tiges qui s'y trouvent.	25
Figure 6 : Courbes de richesse spécifique cumulée par village en fonction du nombre de parcelles échantillonnées : a) pour l'ensemble des taxons et b) pour les taxons plantés seulement.	28
Figure 7 : Histogrammes de distribution des 10 taxons les plus fréquents au sein des parcelles ; a) Nombre de parcelles dans lesquelles le taxon a été observé et b) abondance totale par taxon.	29
Figure 8 : Arbre hiérarchique associé à CAH1. Parcelles des villages à ignames en noir ; parcelles des villages à taros en gris. La CAH1 utilise la méthode de ward et une matrice de distances euclidiennes.	29
Figure 9 : Boîtes de dispersion de l'abondance, surface, nombre de morphotypes et richesse spécifique des 289 parcelles	30
Figure 10 : a) Plan des parcelles (identifiées par un code stipulant le village, ménage et numéro de parcelle) dans les deux composantes de l'ACP1, les flèches rouges représentent le poids des variables sur chaque axe et b) éboulis des valeurs propres associées.....	30
Figure 11 : Nombre de taxons (bleu) et de pieds (rouge) selon chaque catégorie de l'AGB.	31
Figure 12 : Nombre de taxons (bleu) et nombre de pieds (rouge) selon chaque catégorie dans la parcelle moyenne (définie à partir des valeurs moyennes sur les 297 parcelles).	32
Figure 13 : Représentation simultanée des parcelles (identifiées par un code) et des variables (flèches rouges) dans le plan de l'ACP2.....	32
Figure 14 : Position des parcelles dans le plan de l'ACP2 en fonction de leur tête d'assolement : igname en rouge, taro en bleu, et autres têtes d'assolement en noir.	33
Figure 15 : Schéma de l'évolution temporelle (un carré représente une année) des types de parcelle	35
Figure 16 : Parcelles de taro et parcelles d'igname dans le plan de l'ACP2 selon leur âge ; le gradient de couleur représente un gradient d'âge.	35
Figure 17 : a) Richesse spécifique moyenne et b) nombre de morphotypes moyen des parcelles d'igname en fonction des classes d'âge (les barres représentent les écart-types)	36
Figure 18 : a) Richesse spécifique moyenne et b) nombre de morphotypes moyen dans les parcelles de taro selon les classes d'âge (les barres représentent les écart-types)	37
Figure 19 : Richesse spécifique dans les 297 parcelles en fonction du nombre de morphotypes cumulé pour le taro, la grande igname, le kava et le bananier.....	39
Figure 20 : Indice de Shannon (bleu) et indice AGB (rouge) moyens selon les type de parcelle pour les parcelles de la classe d'âge 1 (les barres représentent les écart-types).	39
Figure 21 : Valeurs moyennes des indices de a) Shannon et b) AGB selon les classes d'âge dans les parcelles d'igname (les barres représentent les écart-types).	40
Figure 22 : Valeurs moyennes des indices de a) Shannon et b) AGB selon les classes d'âge dans les parcelles de taro(les barres représentent les écart-types).	41
Figure 23 : Variation du poids d'un taxon dans l'indice AGB en fonction de son abondance relative et selon sa richesse variétale n.....	42
Figure 24 : Valeur de l'indice d'AGB en fonction d'un ajout de taxon ou de variété. En noir, courbes de l'équation 1 pour a) n=1 et b) n=10 ; en bleu, courbes de l'équation 1 pour a) n=2 et b) n=11 ; et en rouge courbes de l'équation 2 pour a) n=1 et b) n=10.	42

Figure 25 : Valeurs de l'indice AGB (calculées à partir des équations 1 et 2) en fonction de l'abondance relative de la tête d'assolement. Le faisceau de courbes noires représentent un gradient de richesse (de un à six taxons) à nombre de variétés fixé : a) 10 et b) cinq variétés. Le faisceau de courbes vertes traduit un gradient de variétés : a) de 10 à 15 et b) de cinq à 10 variétés. La droite rouge pleine marque l'abondance moyenne de la tête d'assolement dans a) les parcelles de taro et b) les parcelles d'igname, et les droites en pointillés positionnent les écart-types correspondent.	43
Figure 26 : Valeurs de l'indice AGB des parcelles en fonction de leur surface pour a) l'ensemble des 297 parcelles et b) les 13 plantations de kava.	44
Figure 27 : Valeurs moyennes, selon les types de parcelle, de l'indice AGB calculé à partir de l'AGB totale (bleu) et de l'AGB plantée et épargnée (rouge) pour les parcelles de un an (les barres représentent les écart-types).	45
Figure 28 : Valeurs moyennes selon les classe d'âge des parcelles de l'indice AGB calculé à partir de l'AGB plantée et épargnée dans a) les parcelles d'igname et b) les parcelles de taro (les barres représentent les écart-types).	46

Table des tableaux

Tableau 1 : Quelques facteurs socio-économiques et culturels influant sur l'AGB dans les systèmes de culture de ZTH.....	11
Tableau 2 : Les approches existantes pour estimer la biodiversité (d'après Clergue et al., 2009)	12
Tableau 3 : Propriétés de quatre indices de biodiversité.....	16
Tableau 4 : Caractéristiques des ménages sélectionnés dans chaque village.....	24
Tableau 5 : Nombre de parcelles sélectionnées dans chaque village en fonction de l'âge	24
Tableau 6 : Les trois taxons les plus fréquents et abondants selon les villages	29
Tableau 7 : Classification des types de parcelles et valeurs moyennes et écart-types des richesses spécifiques et variétale, des abondances, des surfaces en m ² et des indices de Shannon.	33
Tableau 8 : Nombre de parcelle observées par type dans les différents villages	34
Tableau 9 : Types de parcelles n'affichant pas de différences significatives lors de tests de Wilcoxon (avec un risque de première espèce de 5%) sur les indices de Shannon et AGB.	40

Glossaire

Abondance : nombre total ou densité d'individus, bien que la biomasse ou le pourcentage de couverture du sol peuvent également constituer des mesures appropriées (Buckland et al., 2005).

Adaptabilité : capacité d'un système de s'adapter à des changements futurs de son environnement (Young et al., 2006).

Adaptation : mécanisme de changement structurel en réponse à des circonstances externes (Young et al., 2006).

Agriculture itinérante sur brûlis : système d'utilisation des terres basé sur une phase de jachère naturelle ou améliorée, en général plus longue que la phase de culture permettant une recolonisation par des espèces ligneuses, et défrichée par le feu au moment de la mise en culture (inspiré de Mertz et al., 2009).

Agrobiodiversité : part de la biodiversité qui est gérée et exploitée par l'homme.

Agroécosystème : écosystème modifié par l'homme pour la production de produits agricoles (nourriture, bois, etc.).

Biodiversité : variété et variabilité au sein des organismes vivants et des complexes écologiques dans lesquels ils évoluent.

Conservation *ex-situ* : maintien de la biodiversité à l'extérieur des habitats naturels, incluant notamment les banques de gènes, ou les stockages de gènes, d'ADN et *in-vitro* (Love et Spaner, 2007).

Conservation *in-situ* : maintien de la biodiversité présente entre et au sein des espèces utilisées en agriculture de façon directe ou comme sources de gènes, dans les habitats où cette biodiversité a émergé et continue à s'y développer (Brown, 2000 dans Vivan et al., 2009).

Cycle de culture : période entre deux opérations de défrichage et de brûlis d'une même parcelle. Le cycle de culture est composé d'une phase de culture active et d'une phase de jachère de durée variable.

Indicateur : tout mesurable corrélé à l'entité que l'on cherche à estimer (Duelli et Obrist, 2003).

Indice de biodiversité : modèle mathématique pour la biodiversité imaginé à partir d'indicateurs mesurables.

Parcelle (d'abattis-brûlis) : surface que l'agriculteur a défriché et brûlé dans l'objectif d'y installer sur une même période ses cultures. Au Vanuatu, l'agriculteur parle de « karen » pour désigner ce que nous considérons ici comme une parcelle.

Résilience : capacité d'un système à absorber, utiliser, voire bénéficier des perturbations et changements qui le touchent, et donc de perdurer sans modification qualitative de sa structure (Young et al., 2006).

Robustesse : capacité d'un système à affronter des perturbations sans devoir modifier sa structure ou ses dynamiques (Young et al., 2006).

Stabilité : résistance à une perturbation, résilience et constance (Tilman, 1999).

Succession culturale : modification de la composition en espèces, de leurs abondances et des pratiques paysannes dans une parcelle au cours du cycle de culture.

Type fonctionnel : ensemble d'espèces dont les impacts sur les processus écosystémiques sont similaires (Huang et al., 2002).

Variété (ou morphotype) : sous-unité distincte appartenant à une espèce cultivée (Jackson et al., 2007).

Variété locale : produit de la sélection locale par les fermiers-améliorateurs (Cleveland et al., 1994).

Variété paysanne (ou variété à dire d'acteur) : sous-unité appartenant à une espèce cultivée et suffisamment distincte pour être nommée par l'agriculture, incluant à la fois du matériel local et exotique, amélioré ou non (Jackson et al., 2007).

Vulnérabilité : changement structurel d'un système suite à une perturbation externe lui permettant de survivre (Young et al., 2006).

Annexes

Annexe 1 : Liste des 125 espèces identifiées inventoriées dans les parcelles	64
Annexe 2 : Fiches descriptives des sept types de parcelles utilisés dans la typologie	67

Annexe 1 : Liste des 125 espèces identifiées inventoriées dans les parcelles

Famille	Nom scientifique	Autorité	Nom français	Nom vernaculaire
Leguminosae	<i>Acacia spirorbis</i>	Labill.	Faux gaïac	
Euphorbiaceae	<i>Acalypha grandis</i>	Benth.		
Malvaceae	<i>Abelmoschus manihot</i>	(L.) Medik.	Chou des îles	<i>aelan kabij</i>
Liliaceae	<i>Allium cepa</i>	L.	Oignon	<i>anion</i>
Araceae	<i>Alocasia macrorrhizos</i>	(L.) G.Don	Oreille d'éléphant	<i>navia</i>
Rhamnaceae	<i>Alphitonia zizyphoides</i>	(Sol. ex Spreng.) A.Gray		<i>nadigor</i>
Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i>	(L.) Merr.	Ananas	<i>paenapol</i>
Annonaceae	<i>Annona muricata</i>	L.	Corossolier	<i>corossol</i>
Leguminosae	<i>Arachis hypogaea</i>	L.	Arachide	<i>pinut</i>
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i>	(Parkinson ex F.A.Zorn) Fosberg	Arbre à pain	<i>bredfrut</i>
Lecythidaceae	<i>Barringtonia</i> sp.	J.R.Forst. & G.Forst.	Velliers	<i>navele</i>
Phyllanthaceae	<i>Bischofia javanica</i>	Blume		
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i>	L.	Chou	<i>raond kabij</i>
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	L.	Pak choi	<i>waet kabij</i>
Burseraceae	<i>Canarium indicum</i>	L.	Nangaille	<i>nangai</i>
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i>	L.	Poivron	<i>kapsicum</i>
Solanaceae	<i>Capsicum frutescens</i>	L.	Piment	<i>pima</i>
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	L.	Papayer	<i>popo</i>
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	L.	Filao	
Rutaceae	<i>Citrus maxima</i>	(L.) Osbeck	Pamplemoussier	<i>pamplimus</i>
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	Blanco	Mandarinier	<i>mandarin</i>
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>	(L.) Osbeck	Oranger	<i>aranis</i>
Euphorbiaceae	<i>Claoxylon fallax</i>	Müll.Arg.		
Euphorbiaceae	<i>Claoxylon</i> sp.	A.Juss.		
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	L.	Cocotier	<i>kokonus</i>
Euphorbiaceae	<i>Codiaeum variegatum</i>	(L.) Rumph. ex A.Juss.	Croton	
Rubiaceae	<i>Coffea</i> sp.	L.	Caféier	<i>kofi</i>
Lamiaceae	<i>Solenostemon</i> sp.	L.	Coleus	
Araceae	<i>Colocasia esculenta</i>	(L.) Schott	Taro	<i>wota taro</i>
Leguminosae	<i>Camoensia scandens</i>	(Welw.) J.B.Gillett		
Asparagaceae	<i>Cordyline fruticosa</i>	(L.) A.Chev.	Epinard hawaïen	<i>nangaria</i>
Corynocarpaceae	<i>Corynocarpus similis</i>	Hemsl.		
Cucurbitaceae	<i>Cucumis sativus</i>	L.	Concombre	<i>pampkin</i>
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita maxima</i>	Duchesne	Potiron	<i>pampkin</i>
Zingiberaceae	<i>Curcuma longa</i>	L.	Curcuma	<i>kari</i>
Cyatheaaceae	<i>Cyathea</i> sp.	Sm., 1793	Fougères arborescentes	<i>black palm</i>
Apiaceae	<i>Daucus carota</i>	L.	Carotte	<i>karot</i>
Poaceae	<i>Dendrocalamus giganteus</i>	Munro	Bambou	<i>bambu</i>
Urticaceae	<i>Dendrocnide latifolia</i>	(Gaudich.) Chew		<i>nangalat</i>
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea alata</i>	L.	Grande igname	<i>sop yam</i>
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea bulbifera</i>	L.	Igname bulbifère	<i>buebu yam</i>
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea cayennensis</i> subsp. <i>rotundata</i>	(Poir.) J.Miège		
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea esculenta</i>	(Lour.) Burkill	Igname chinoise	<i>boville</i>
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea nummularia</i>	Lam.	Igname sauvage	<i>waël yam</i>
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea pentaphylla</i>	L.	Igname africaine	<i>afrika yam</i>
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea rotundata</i>	Poir.	Igname africaine	<i>martinik yam</i>

Famille	Nom scientifique	Autorité	Nom français	Nom vernaculaire
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea transversa</i>	R.Br.	Igname dure	<i>strong yam</i>
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea trifida</i>	L.		
Anacardiaceae	<i>Dracontomelon vitiense</i>	Engl.		<i>nakatambol</i>
Meliaceae	<i>Dysoxylum aneityense</i>	Guillaumin		
Meliaceae	<i>Dysoxylum arborescens</i>	(Blume) Miq.		
Meliaceae	<i>Dysoxylum gaudichaudianum</i>	(A.Juss.) Miq.		<i>stingwud</i>
Euphorbiaceae	<i>Endospermum medullosum</i>	L.S.Sm.		<i>waet wud</i>
Leguminosae	<i>Erythrina variegata</i>	L.	Erythrine	<i>narara</i>
Moraceae	<i>Ficus adenosperma</i>	Miq.		
Moraceae	<i>Ficus prolixa</i>	G.Forst.	Banier	<i>nabanga</i>
Moraceae	<i>Ficus septica</i>	Burm.f.		<i>nabalango</i>
Moraceae	<i>Ficus virgata</i>	Reinw. ex Blume		
Moraceae	<i>Ficus wassa</i>	Roxb.		
Phyllanthaceae	<i>Flueggea flexuosa</i>	Müll.Arg.		<i>namamao</i>
Leguminosae	<i>Gliricidia</i> sp.	Kunth, 1824	Gliricide	<i>glirisid</i>
Phyllanthaceae	<i>Glochidion namilo</i>	Guillaumin		
Phyllanthaceae	<i>Glochidion</i> sp.	J.R.Forst. & G.Forst.		
Phyllanthaceae	<i>Glochidion stipulare</i>	Airy Shaw		
Gnetaceae	<i>Gnetum gnemon</i>	L.		
Sapindaceae	<i>Harpullia</i> sp.	Roxb., 1824		
Heliconiaceae	<i>Heliconia indica</i>	Lam.	Feuille lap-lap	<i>lif lap lap</i>
Malvaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	L.		<i>burao</i>
Euphorbiaceae	<i>Homalanthus nutans</i>	(G. Forst.) Guill.		
Leguminosae	<i>Inocarpus fagifer</i>	(Parkinson) Fosberg	Châtaigner de Tahiti	<i>namembe</i>
Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i>	(L.) Poir.	Patate douce	<i>kumala</i>
Malvaceae	<i>Kleinhovia hospita</i>	L.		<i>namatal</i>
Compositae	<i>Lactuca sativa</i>	L.	Laitue	<i>salad</i>
Cucurbitaceae	<i>Lagenaria siceraria</i>	(Molina) Standl.	Calebasse	<i>kalebas</i>
Vitaceae	<i>Leea indica</i>	(Burm. f.) Merr.		
Urticaceae	<i>Leucosyke australis</i>	Unruh		
Arecaceae	<i>Licuala grandis</i>	H.Wendl.	Palmier cueillièr	<i>lif umbrella</i>
Sapindaceae	<i>Litchi Chinensis</i>	Sonn.	Litchi	<i>lichi</i>
Solanaceae	<i>Lycopersicon</i> sp.	Mill.	Tomate	<i>tomate</i>
Euphorbiaceae	<i>Macaranga</i> sp.	Thouars		<i>navenue</i>
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	L.	Manguier	<i>mango</i>
Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i>	Crantz	Manioc	<i>maniok</i>
Arecaceae	<i>Metroxylon warburgii</i>	(Heimerl) Becc.		<i>natangora</i>
Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i>	L.	Noni	<i>noni</i>
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	L.		
Musaceae	<i>Musa</i> spp.	L.	Bananier	<i>banana</i>
Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i>	(Rol. ex Rottb.) Warb.	Muscadier	
Myristicaceae	<i>Myristica subtilis</i>	Miq.		
Solanaceae	<i>Nicotiana tabacum</i>	L.	Tabac	<i>tabaco</i>
Pandanaceae	<i>Pandanus tectorius</i>	Parkinson ex Du Roi	Pandanus	<i>pandanus</i>
Passifloraceae	<i>Passiflora edulis</i>	Sims	Passiflore	<i>passion frut</i>
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i>	L.	Passiflore	<i>passion frut</i>
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Mill.	Avocatier	<i>avokat</i>
Leguminosae	<i>Phaseolus vulgaris</i>	L., 1753	Haricot	<i>bin</i>
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus ciccoides</i>	Muell. Arg.		
Piperaceae	<i>Piper methysticum</i>	G.Forst.	Kava	<i>kava</i>
Urticaceae	<i>Pipturus argenteus</i>	(G. Forst.) Wedd.		

Famille	Nom scientifique	Autorité	Nom français	Nom vernaculaire
<i>Pittosporaceae</i>	<i>Pittosporum campbellii</i>	F.Muell.		
<i>Araliaceae</i>	<i>Polyscias fruticosa</i>	(L.) Harms		<i>nalalas</i>
<i>Araliaceae</i>	<i>Polyscias scutellaria</i>	(Burm.f.) Fosberg		
<i>Araliaceae</i>	<i>Polyscias</i> sp.	J.R.Forst. & G.Forst.		<i>nalalas</i>
<i>Sapindaceae</i>	<i>Pometia pinnata</i>	J.R. Forster & J.G. Forster		<i>nandao</i>
<i>Arecaceae</i>	<i>Pritchardia</i> sp.	Seem. et H.Wendl.		
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus</i> sp.	L.	Pêcher	
<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium guajava</i>	L.	Goyavier	<i>guava</i>
<i>Leguminosae</i>	<i>Pterocarpus indicus</i>	Willd.	Bois de rose	<i>blu wota</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Saccharum spontaneum</i> var. <i>edulis</i>	(Hassk.) K.Schum.	Cane à sucre	<i>naviso</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Saccharum officinarum</i>	L.	Cane à sucre	<i>sugaken</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Saccharum</i> sp.	L.	Cane à sucre	<i>wael ken</i>
<i>Santalaceae</i>	<i>Santalum austrocaledonicum</i>	Vieill.	Bois de Santal	<i>santalwud</i>
<i>Araliaceae</i>	<i>Schefflera tannae</i>	A.C.Sm. & B.C.Stone		
<i>Araliaceae</i>	<i>Schefflera vanuatu</i>	Lowry		
<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Sechium edule</i>	(Jacq.) Sw.	Chayote	<i>chouchoute</i>
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum melongena</i>	L.	Aubergine	<i>eggplant</i>
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Spondias mombin</i>	L.	Prune de cythère	<i>naos</i>
<i>Myrtaceae</i>	<i>Syzygium malaccense</i>	(L.) Merr. & L.M.Perry	Jamalac	<i>nakavika</i>
<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia catappa</i>	L.	Badamier	<i>natapoa</i>
<i>Malvaceae</i>	<i>Theobroma cacao</i>	L.	Cacaoyer	<i>cacao</i>
<i>Cannabaceae</i>	<i>Trema orientalis</i>	(L.) Blume		
<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Trichosanthes cucumerina</i>	L.	Haricot serpent	<i>snake bin</i>
<i>Orchidaceae</i>	<i>Vanilla planifolia</i>	Jacks. ex Andrews	Vanillier	<i>vanilla</i>
<i>Arecaceae</i>	<i>Veitchia</i> spp.	Becc.	Palmier à huile	<i>oil palm</i>
<i>Araceae</i>	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	(L.) Schott	Macabo	<i>fiji taro</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Zea mays</i> subsp. <i>mays</i>		Maïs	<i>korn</i>
<i>Zingiberaceae</i>	<i>Zingiber officinale</i>	Roscoe	Gingembre	<i>ginga</i>

Annexe 2 : Fiches descriptives des sept types de parcelles utilisés dans la typologie

Annexe 2.a : Tarodièrre irriguée

Nombre inventorié : 18/297

Lieu : Pessena

Caractéristiques :

1. haut niveau de technicité pour la maîtrise de l'irrigation
2. parcelles pérennes où les pieds des taros sont transplantés sur place au moment de la récolte
3. fournit les féculents quotidiens à l'année et les taros pour les cérémonies coutumières

Cycle cultural type :



Structure



Fonctions

Subsistance	Culturelle	Rente	Sécurité
Forte	Forte	Faible	Moyenne

Nombre d'espèces rencontrées : 34

Espèces les plus fréquentes

Colocasia esculenta
Cordyline terminalis
Abelmoschus manihot
Codiaeum variegatum

	Surface	Densité	Richesse spécifique	Richesse variétale	Shannon-Wiener
Moyenne	238,7	1,37	4,83	19,8	0,46
Ecart-type	153,9	0,72	3,26	9,4	0,50
Normalité	non	non	oui	oui	non

Remarques :

Les tarodières irriguées se caractérisent par une richesse spécifique faible et une richesse variétale élevée. Les taros, plantés très densément, y sont très majoritaires (en nombre de tiges). L'indice de Shannon attribue donc une note basse aux tarodières irriguées.

La richesse spécifique et l'indice de Shannon ont une variance très élevée. Certaines tarodières ont en effet une stratification horizontale : une zone irriguée où sont plantés les taros, une zone pluviale accueillant diverses cultures et plantes. D'où une très forte variabilité entre parcelles de tarodièrre irriguée.

Annexe 2.b : Parcelle d'igname

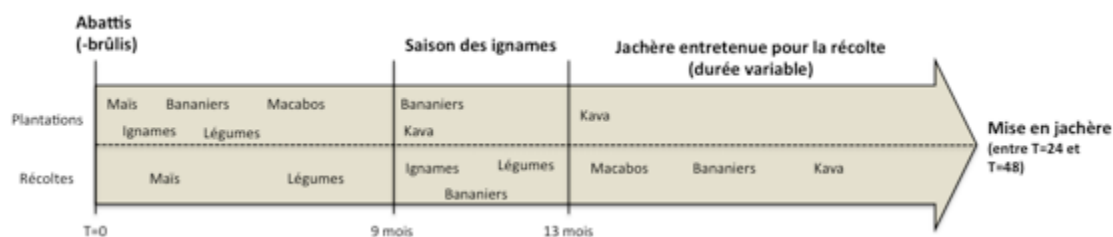
Nombre inventorié : 93 / 297

Lieux : Avunaleleo, Brenwe, Pessena, Lamlu, Metaruk

Caractéristiques :

- assure un approvisionnement en féculents dans le cadre d'une alimentation quotidienne
- offre fruits et légumes en quantité variable pour diversifier les repas
- permet de dégager les ignames utilisées lors de cérémonies coutumières
- les surplus éventuels peuvent être revendus si un débouché existe

Cycle cultural type :



Structure



Fonctions

Subsistance	Culturelle	Rente	Sécurité
Forte	Forte	Faible	Moyenne

Nombre d'espèces rencontrées : 83

Espèces les plus fréquentes :

Musa sp.
Dioscorea sp.
Xanthosoma sagittifolium
Carica papaya
Manihot esculenta
Abelmoschus manihot
Piper methysticum
Saccharum officinarum

	Surface	Densité	Richesse spécifique	Richesse variétale	Shannon-Wiener
Moyenne	426	0,41	9,0	6,3	1,61
Ecart-type	279	0,29	4,1	5,5	0,45
Normalité	non	non	non	non	oui

Remarques :

Les parcelles d'igname se caractérisent par de fortes richesses spécifiques et intraspécifiques, mais présentant des variances élevées. Cette variabilité, ainsi que la non-normalité des variables, s'explique par une évolution sensible de la richesse des parcelles dans le temps. Peu de tiges ou d'espèces nouvelles sont replantées après la récolte des grandes ignames.

L'indice de Shannon est élevé pour ce parcelle mélangé, mais ne semble pas capter la baisse d'AGB dans le temps.

Annexe 2.c : Parcelle d'arachides

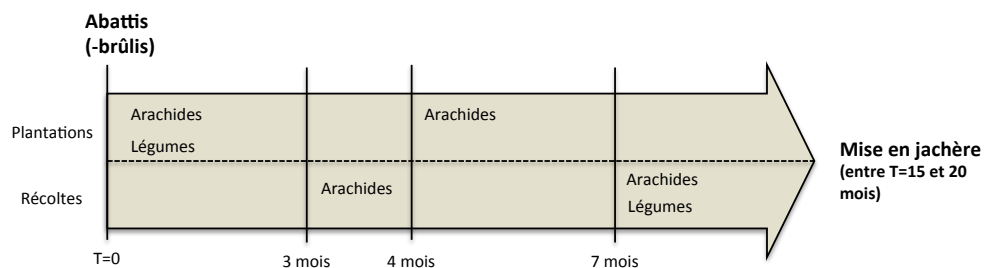
Nombre inventorié : 8 / 297

Lieux : Avunaleleo, Brenwe, Lamlu

Caractéristiques :

- principalement destiné à la vente sur le marché local
- forte dominance numérique des pieds d'arachides malgré quelques cultures associées
- un cycle d'arachides peu se répéter jusqu'à quatre fois au même endroit

Cycle cultural type :



Structure



Fonctions

Subsistance	Culturelle	Rente	Sécurité
Faible	Faible	Forte	Faible

Nombre d'espèces rencontrées : 43

Espèces les plus fréquentes :

Arachis hypogea
Allium cepa
Abelmoschus manihot
Carica papaya
Zea mais

	Surface	Densité	Richesse spécifique	Richesse variétale	Shannon-Wiener
Moyenne	1163	2,76	10,5	2,9	0,45
Ecart-type	1100	0,90	5,8	2,9	0,30
Normalité	oui	non	oui	oui	non

Remarques :

Les parcelles d'arachides ont une fonction économique exclusivement. Ils présentent une forte diversité spécifique, mais la dominance en nombre de tiges des arachides induit un indice de Shannon faible.

Le faible nombre de parcelles d'arachides de notre échantillon ne nous permet pas de tirer des conclusions fortes quant aux nombres d'espèces susceptibles d'y être planté, ni à l'évolution de l'AGB dans le temps.

Annexe 2.d : Parcelle vivrière moderne

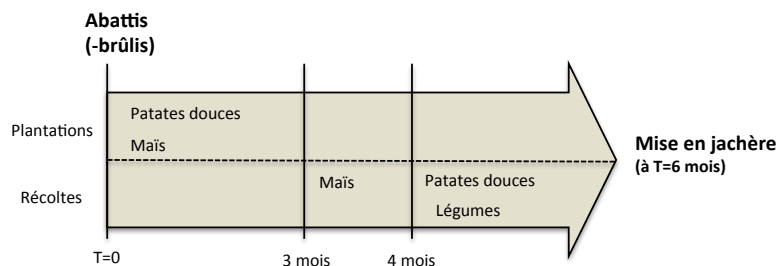
Nombre inventorié : 25 /297

Lieux : Pessena, Lamlu

Caractéristiques :

- fournit des féculents de façon ponctuelle mais rapidement grâce à un cycle court
- plantation de nombreux légumes en cultures associées
- souvent, suit ou précède un cycle de taro ou d'igname

Cycle cultural type : (exemple de la patate douce)



Structure



Fonctions

Substance	Culturelle	Rente	Sécurité
Forte	Faible	Moyenne	Faible

Nombre d'espèces rencontrées : 39

Espèces les plus fréquentes :

Ipomoea batatas
Abelmoschus manihot
Manihot esculenta
Colocasia esculenta
Musa spp.
Carica papaya
Saccharum officinarum

	Surface	Densité	Richesse spécifique	Richesse variétale	Shannon-Wiener
Moyenne	372	0,94	8,4	3,4	1,23
Ecart-type	249	0,59	5,6	3,0	0,51
Normalité	non	non	non	non	oui

Remarques :

Ce type regroupe les parcelles de manioc, de patates douces et certains parcelles secs de Pessena. Il se caractérise par une bonne richesse spécifique et une richesse variétale moyenne. Les cultures qui y sont plantées n'ont pas leur place dans la coutume d'une façon générale, et il n'existe pas non plus de règles quant à leur plantation ou récolte. Cela les rend appréciées des agriculteurs.

Annexe 2.e : Parcelle de taros

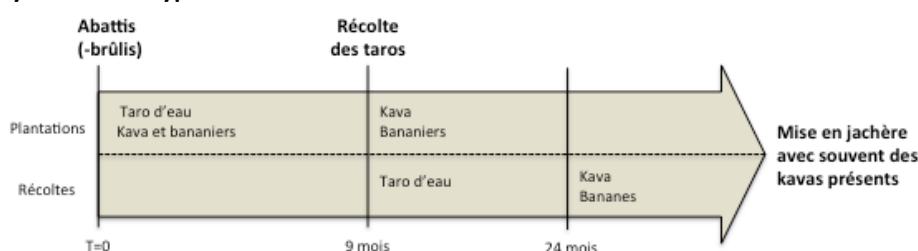
Nombre inventorié : 131 / 297

Lieux : Pessena, Lamlu

Caractéristiques :

- assure un approvisionnement en féculents dans le cadre d'une alimentation quotidienne
- offre fruits et légumes en quantité variable pour diversifier les repas
- permet de dégager les taros utilisés lors de cérémonies coutumières
- les surplus éventuels peuvent être revendus si un débouché existe

Cycle cultural type :



Structure



Fonctions

Substance	Culturelle	Rente	Sécurité
Forte	Forte	Faible	Faible

Nombre d'espèces rencontrées : 94

Espèces les plus fréquentes :

Colocasia esculenta
Piper methysticum
Musa sp.
Manihot esculenta
Xanthosoma sagittifolium
Carica papaya

	Surface	Densité	Richesse spécifique	Richesse variétale	Shannon-Wiener
Moyenne	507	0,89	9,83	13,1	1,18
Ecart-type	337	0,52	4,58	6,4	0,46
Normalité	non	non	non	oui	oui

Remarques :

Les parcelles de taro présentent une bonne richesse spécifique et une (très) forte richesse intraspécifique. L'indice de Shannon cependant traduit la forte prédominance en nombre de tiges des taros sur les autres espèces. En comparaison avec les ignames, le taro a en effet une production par tige plus faible et requiert moins d'espace, d'où de fortes densités de plantation. Pourtant, autant d'un point de vue fonctionnel que structurel, les parcelles de taro sont proches de ceux d'igname.

Annexe 2.f : Plantation de kava

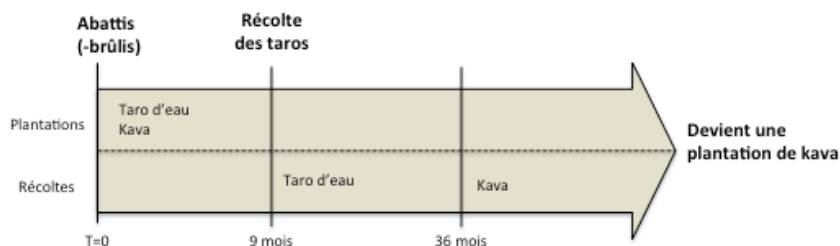
Nombre inventorié : 13 / 297

Lieu : Pessena

Caractéristiques :

- grande surface de kavas plantés pour la vente et la consommation personnelle
- parcelles situées sur les versants, en zone de pente
- kava récolté relativement tard, cinq ou six ans après plantation

Cycle cultural type :



Structure



Fonctions

Substance	Culturelle	Rente	Sécurité
Faible	Forte	Forte	Faible

Nombre d'espèces rencontrées : 52

Espèces les plus fréquentes :

Piper methysticum
Colocasia esculenta
Musa sp.
Saccharum officinarum
Carica papaya
Xanthosoma sagittifolium
Abelmoschus manihot

	Surface	Densité	Richesse spécifique	Richesse variétale	Shannon-Wiener
Moyenne	1924	0,41	14,2	4,2	0,85
Ecart-type	1342	0,15	8,0	2,2	0,49
Normalité	oui	oui	oui	oui	oui

Remarques :

Les parcelles de kava se caractérisent par leur surface très élevée et un traitement très proche des plantations de rente. Les agriculteurs de Pessena sèchent le kava au village et l'envoi par bateau jusqu'à Luganville où il est vendu. Durant la première année de plantation, les petits pieds de kava sont associés à des plantes vivrières, pratique courante au Vanuatu lors de l'installation des plantations de rente.

Annexe 2.g : Parcelle de soudure

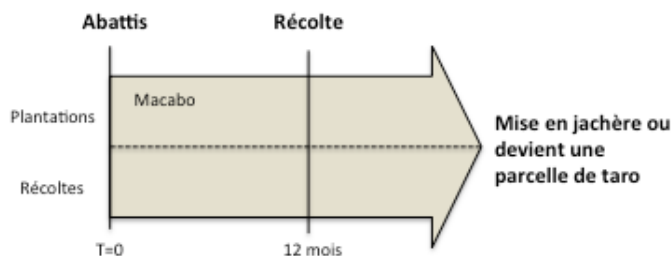
Nombre inventorié : 9 / 297

Lieux : Avunaleleo, Lamlu, Metaruk

Caractéristiques :

- fournit des féculents de façon ponctuelle mais rapidement grâce à un cycle court
- plantation de nombreux légumes en cultures associées
- souvent, suit ou précède un cycle de taro ou d'igname

Cycle cultural type :



Structure



Fonctions

Substance	Culturelle	Rente	Sécurité
Moyenne	Faible	Faible	Forte

Nombre d'espèces rencontrées : 37

Espèces les plus fréquentes :

Xanthosoma sagittifolium
Dioscorea transversa

	Surface	Densité	Richesse spécifique	Richesse variétale	Shannon-Wiener
Moyenne	274	0,51	5,2	2,2	0,77
Ecart-type	222	0,33	3,2	3,7	0,45
Normalité	oui	oui	oui	oui	oui

Remarques :

Les parcelles de soudure se caractérisent par leur faible surface mais également par leur ambiance particulièrement forestière. Les agriculteurs ne font en effet que défricher et ne brûle. Parfois, ce défrichage concerne uniquement le sous-étage et les agriculteurs conservent les gros arbres. Ces derniers fournissent l'ombre nécessaire à la culture des macabo, et servent de tuteurs pour les ignames sauvages.

Résumé en français

L'agriculture itinérante sur brûlis reste le mode d'occupation des terres dominant en zone intertropicale. Grâce à son importante agrobiodiversité, cette agriculture garantit la subsistance des populations rurales dans les pays du Sud. Pourtant, elle reste peu étudiée dans certaines zones géographiques, et notamment au Vanuatu, archipel de la région Pacifique Sud. Ce travail propose d'étudier les systèmes agricoles itinérants à travers le prisme de leur agrobiodiversité. Pour cela, nous avons réalisé des inventaires dans 297 parcelles d'abattis-brûlis au sein de six villages et six îles au Vanuatu. Nos résultats font ressortir un haut niveau de diversité au niveau spécifique et variétal, à l'échelle des villages et des parcelles. A la diversité intra-parcelle s'ajoute une diversité inter-parcelles dont il a été possible de dresser une typologie en mettant en évidence sept types de parcelles. Chaque type possède ses spécificités structurales et fonctionnelles et sont la résultante d'une spécialisation des agriculteurs. Deux types de parcelles, celles de taro et d'igname sont entretenues pendant deux à cinq ans au cours d'un cycle cultural. Nous avons mis en évidence une décroissance de l'agrobiodiversité au cours de ce cycle, en particulier dans les parcelles d'igname. Enfin, les indices de biodiversité classiquement utilisés en écologie se sont avérés inadaptés aux parcelles d'abattis-brûlis du Vanuatu qui présentent une importante diversité variétale. Ainsi, nous avons proposé un nouvel indice d'agrobiodiversité permettant de prendre en compte la diversité au niveau variétal. Cet indice pourrait constituer un outil méthodologique pertinent et efficace pour l'étude des systèmes d'agriculture itinérante de la zone tropicale humide.

Mots-clés : Agrobiodiversité, agriculture itinérante sur brûlis, indice de biodiversité, indice d'agrobiodiversité, Vanuatu.

Abstract

Shifting cultivation is the dominant land-use system of the inter-tropical zone. Rural people of developing countries use the high agrobiodiversity of this system for their subsistence. However, shifting cultivation remains largely unstudied in some geographical areas and particularly in Vanuatu, an archipelago located in the South-Pacific. This report examines shifting cultivation in Vanuatu in relation to agrobiodiversity. There were a total of 297 swidden parcels surveyed across six villages and six islands in Vanuatu. The results showed a high species and variety richness in both villages and swiddens. An inter-swidden diversity is highlighted and a typology of seven types of swiddens is proposed. Each type has specific structural and functional features that are the result of the farmer specialization. In two of the types of swidden farmers practiced cultural succession and there was found to be a decrease of agrobiodiversity during this cultural cycle, especially for taro and yam swiddens. Finally it was found that classical biodiversity indices are not adapted to swidden agrobiodiversity in Vanuatu and thus a new index of agrobiodiversity that is sensitive to varietal richness is proposed. This new index could be used as a tool for further studies of shifting cultivation in the inter-tropical zone.

Key words: Agrobiodiversity, shifting cultivation, biodiversity index, Vanuatu, agrobiodiversity index.